



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**“IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE PROCESAMIENTO  
DIGITAL DE IMÁGENES PARA ANALIZAR PRUEBAS EPICUTÁNEAS  
EN LA RESPUESTA ALÉRGICA”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. DANIEL CARRIÓN HUACANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2020**



## DEDICATORIA

*La presente tesis está dedicado a mis padres, a mis hermanos por su apoyo a lo largo y ancho de mi carrera universitaria como de mi vida. Y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.*

*Daniel Carrión  
Huacani.*



## AGRADECIMIENTO

*Agradecer a mi querida alma mater Universidad Nacional del Altiplano y a mis docentes que me guiaron en mi formación profesional, una mención especial a mi asesor el Ingeniero David Salinas Mendoza, por su apoyo, guía y disposición para completar este trabajo de tesis.*

***Daniel Carrión***

***Huacani.***



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN .....11**

**ABSTRACT.....12**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....14**

**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....15**

**1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....15**

1.3.1. Hipótesis General .....15

1.3.2. Hipótesis Específica .....15

**1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....15**

**1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....16**

1.5.1. Objetivo general .....16

1.5.2. Objetivos específicos .....16

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES.....18**

**2.2. MARCO TEORICO .....20**

2.2.1. Alergia Cutánea.....20

2.2.2. Inmunoglobulina E (IgE).....20

2.2.3. Pruebas Cutáneas.....21

2.2.4. DICOM .....22

2.2.5. Python .....24

2.2.6. Procesamiento de Imágenes Digitales .....24

2.2.7. Microscopio Camera Digital Usb.....25

2.2.8 Adobe Photoshop.....26



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	27
3.1.1. Nivel de Investigación.....	27
3.1.2. Diseño de Investigación.....	27
<b>3.2. MUESTRA Y POBLACIÓN</b> .....	28
<b>3.3. UBICACIÓN</b> .....	28
<b>3.4. MATERIALES</b> .....	29
3.4.1. Equipos.....	29
3.4.2. Software.....	29
<b>3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS</b> .....	29
<b>3.6. TÉCNICA Y DIAGRAMAS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA</b> .....	30
<b>3.7. TÉCNICA Y DIAGRAMAS PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE LOS EXPERIMENTOS</b> .....	31
<b>3.8. TÉCNICAS Y CARACTERÍSTICAS DE LAS IMÁGENES DE LOS EXPERIMENTOS</b> .....	32
<b>3.9. PROCEDIMIENTO DEL EXPERIMENTO</b> .....	33
3.9.1. Bloque de Adquisición.....	33
3.9.2. Bloque Procesamiento.....	43
3.9.3. Bloque de Visualización.....	50
<b>3.10. TRATAMIENTO DE LOS DATOS Y PLANTEAMIENTO DE VALIDACIÓN</b> .....	59
Experimento 1.....	59
Experimento 2.....	59
Experimento 3.....	59
<b>3.11. MATRIZ DE CONSISTENCIA</b> .....	61

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. RESULTADOS ETAPA DE ADQUISICIÓN</b> .....	62
<b>4.2. RESULTADOS ETAPA DE PROCESAMIENTO Y VALIDACIÓN</b> .....	62
4.2.1. Resultados del procesamiento de muestras del experimento 1.....	63



4.2.2. Resultados del procesamiento de muestras del experimento 2 .....	64
4.2.3. Resultados del procesamiento de muestras del experimento 3 .....	65
<b>4.3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE DIFERENCIA DE MEDIAS .....</b>	<b>66</b>
4.3.1. Prueba de diferencia de medias del experimento N°1 .....	66
4.3.2. Prueba de diferencia de medias del experimento N°2 .....	67
4.3.3. Prueba de diferencia de medias del experimento N°3 .....	68
<b>4.4. VALIDACIÓN ESTADÍSTICA Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS..</b>	<b>69</b>
4.4.1. Sistema de Hipótesis .....	70
4.4.2. Experimento 3 (Prueba Experimental de Validación): .....	71
4.4.3. Experimento 3 (Prueba Experimental de Validación): .....	74
<b>4.5. RESULTADOS DE LA ETAPA DE VISUALIZACIÓN .....</b>	<b>77</b>
4.5.1. Interfaz WEB del Experimento N°2 .....	77
4.5.2. Interfaz MicroDicom del Experimento N°2 .....	78
4.5.3. Interfaz WEB del Experimento N°3 (Prueba Experimental) .....	79
4.5.4. Interfaz MicroDicom del Experimento N°3 (Prueba Experimental) .....	80
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>82</b>
<b>VII. REFERENCIAS .....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>86</b>

**Área:** Instrumentación biomédica

**Tema:** Tecnología Biomédica

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 02 de julio del 2020



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Prueba cutánea .....	21
<b>Figura.2.2:</b> Sistemas y Dispositivos de uso médico.....	23
<b>Figura 2.3:</b> Metadatos del estándar DICOM .....	23
<b>Figura 2.4:</b> Microscopio de aumento 1600x.....	26
<b>Figura 3.1:</b> Ubicación de la realización del proyecto.....	28
<b>Figura 3.2:</b> Esquema de la estructura del sistema.....	30
<b>Figura 3.3:</b> Diagrama de Flujo del filtro y extracción de características .....	31
<b>Figura 3.4:</b> Esquema de flujo de cada experimento .....	32
<b>Figura 3.5:</b> Imagen de la piel humana del primer experimento.....	34
<b>Figura 3.6:</b> Software Photoshop y las imágenes creadas .....	34
<b>Figura 3.7:</b> Imagen con las características extraídas.....	35
<b>Figura 3.8:</b> Imagen del segundo experimento .....	36
<b>Figura 3.9:</b> Imagen del segundo experimento y sus características .....	36
<b>Figura 3.10:</b> Imagen que contiene el absceso original .....	37
<b>Figura 3.11:</b> Imagen final con el absceso insertado.....	38
<b>Figura 3.12:</b> Imagen skin_10 y la carpeta con las muestras .....	39
<b>Figura 3.13:</b> Software del microscopio .....	40
<b>Figura 3.14:</b> Microscopio electrónico y la hoja cuadrículada de 0.5 cm .....	41
<b>Figura 3.15:</b> Imágenes de las dos tomas para la calibración, lado izquierdo toma (a) y lado derecho toma(b).....	41
<b>Figura 3.16:</b> Script desarrollado y muestras del video obtenidas .....	42
<b>Figura 3.17:</b> Tercer experimento con la prueba dérmica .....	43
<b>Figura 3.19:</b> Terminal con la instalación de los paquetes Python .....	44
<b>Figura 3.20:</b> Filtro Gaussiano de una muestra.....	46
<b>Figura 3.21:</b> Diagrama de Flujo del bloque de procesamiento.....	47
<b>Figura 3.22:</b> Código desarrollado en ATOM.....	48
<b>Figura 3.23:</b> Tuplas de la matriz de la muestra del experimento 1 .....	49
<b>Figura 3.24:</b> Muestras de los tres experimentos y el código de procesamiento .....	49
<b>Figura 3.25:</b> Diagrama de flujo para la creación del formato DICOM.....	50
<b>Figura 3.26:</b> Código para la generación formato DICOM en extensión .dcm .....	51
<b>Figura 3.27:</b> Topología de la red local implementada .....	52
<b>Figura 3.28:</b> Topología física de la red implementada.....	53



<b>Figura 3.29:</b> Creación del dominio .....	53
<b>Figura 3.30:</b> Configuración de la VLAN para la red .....	54
<b>Figura 3.31:</b> Instalación de Conquest - DICOM.....	56
<b>Figura 3.32:</b> Instalación del Servidor DICOM .....	57
<b>Figura 3.33:</b> Configuración del servidor DICOM .....	57
<b>Figura 3.34:</b> Conexión con la aplicación Microdicom Viewer (64bits).....	58
<b>Figura 4.1:</b> Datos de la variación de área obtenidos por el algoritmo del experimento 1 .....	63
<b>Figura 4.2:</b> Datos de la variación de dispersión de color obtenidos por el algoritmo del experimento 1 .....	64
<b>Figura 4.3:</b> Datos de la variación de área obtenidos por el algoritmo del experimento 2 .....	64
<b>Figura 4.4:</b> Datos de la variación de dispersión de color obtenidos por el algoritmo del experimento 2 .....	65
<b>Figura 4.5:</b> Datos de la variación de área obtenidos por el algoritmo del experimento 3 .....	65
<b>Figura 4.6:</b> Datos de la variación de dispersión de color obtenidos por el algoritmo del experimento 3 .....	66
<b>Figura 4.7:</b> Contrastación de datos de variación de área del Sistema y Photoshop .....	72
<b>Figura 4.8:</b> Contrastación de datos de variación de dispersión de color del Sistema y Photoshop .....	75
<b>Figura 4.9:</b> Interfaz WEB del experimento 2 .....	78
<b>Figura 4.10:</b> Interfaz MicroDicom Viewer del experimento 2 en formato DICOM .....	79
<b>Figura 4.11:</b> Interfaz WEB del experimento 3 .....	79
<b>Figura 4.12:</b> Interfaz MicroDicom del experimento 3 en formato DICOM Viewer .....	80





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1:</b> Medidas de calibración .....	42
<b>Tabla 3.2:</b> Matriz de Consistencia de variable independiente y dependiente.....	61
<b>Tabla 4.1:</b> Parámetros de los experimentos .....	63
<b>Tabla 4.2:</b> Media de variación de área; y media de variación de dispersión de color y tamaño de la muestra del procesamiento del experimento 1 .....	67
<b>Tabla 4.3:</b> Media de variación de área; y media de variación de dispersión de color y tamaño de la muestra del procesamiento del experimento 2.....	68
<b>Tabla 4.4:</b> Media de variación de área; y media, varianza de variación de dispersión de color y tamaño de la muestra del procesamiento del experimento 3 .....	69
<b>Tabla 8.1:</b> Resultados adquiridos con el Software Python en el experimento 1.....	86
<b>Tabla 8.2:</b> Resultados adquiridos con el Software Photoshop en el experimento 1 .....	86
<b>Tabla 8.3:</b> Resultados adquiridos con el Software Python en el experimento 2.....	87
<b>Tabla 8.4:</b> Resultados adquiridos con el Software Photoshop en el experimento 2 .....	87
<b>Tabla 8.5:</b> Resultados adquiridos con el Software Python en el experimento 3.....	88
<b>Tabla 8.6:</b> Resultados adquiridos con el Software Photoshop en el experimento 3 .....	88
<b>Tabla 8.7:</b> Metadatos del experimento 2 con la estructura de la información Dicom, el UID identificador único, y con el OID identificador del objeto,.....	89
<b>Tabla 8.8:</b> Metadatos del experimento 3 con la estructura de la información Dicom, el UID identificador único, y con el OID identificador del objeto,.....	90



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- ABCD : ASIMETRÍA en alguno de sus ejes. BORDES irregulares. COLOR variado, no uniforme. DIÁMETRO mayor de 6 mm.
- DICOM : Digital Imaging and Communication On Medicine
- PACS : Picture Archiving and communication system
- TCP/IP : Protocolo de control de transmisión/Protocolo de Internet
- AVI : Audio Video Interleave
- OID : Object Identifier (DICOM)
- UID : Unique Identifiers (DICOM)



## RESUMEN

El nacimiento de este proyecto, surgió de la necesidad de desarrollar un sistema que permita realizar el estudio y diagnóstico de enfermedades dermatológicas, en especial las causadas por la dermatitis alérgica por contacto. Se diseñó e implementó un sistema de adquisición, procesamiento y visualización de imágenes cutáneas; para probar el sistema se realizó dos experimentos en modo simulación con el software Photoshop y una prueba experimental de validación, con una inyección intradérmica. La etapa de adquisición de la prueba experimental se obtuvo con el Microscopio Electrónico Digital USB, del cual se extrajeron 11 muestras (imágenes) para el procesamiento digital, los tres experimentos analizados por el código de procesamiento desarrollado en Python y son convertidos al Formato DICOM, para la etapa de visualización se implementó el servidor ConQuest DICOM, de manera que se pudo visualizar en el navegador WEB y la aplicación MicroDicom Viewer. En la prueba experimental se realizó la prueba estadística de validación mediante la aplicación de prueba T de Student a los datos, que arrojó como resultado  $t_{m,0} = -0.0060$  para la variación de área y  $t_{n,0} = -0.0053$  para la variación de dispersión de color con  $\alpha_m = 0.01$  de nivel de significancia y  $v_m \approx 17$  grados de libertad, siendo los valores críticos  $\pm z_{n,0.01,17} = \pm 2.567$  por lo que  $t_{m,0}$  y  $t_{n,0}$  se encuentran en la región de aceptación, por qué  $|t_{m,0}| < z_{m,0.01,17}$  y  $|t_{n,0}| < z_{n,0.01,17}$ . Con esto se llega a la conclusión con un nivel de confianza del 99% de que “No existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de área y variación de dispersión de color realizadas por sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop aplicados a la prueba experimental”. Queda probado la validación del sistema desarrollado para el procesamiento digital de imágenes de las pruebas cutáneas en la respuesta alérgica

**Palabras Clave:** Dermatología, Procesamiento Digital, Estándar Dicom, Características Morfológicas de la Piel



## ABSTRACT

The birth of this project arose from the need to develop a system that allows the study and diagnosis of dermatological diseases, especially those caused by allergic dermatitis per contact. A system for acquiring, processing and visualizing skin images was designed and implemented; To test the system, two experiments were performed in simulation mode with software Photoshop and an experimental validation test, with an intradermal injection. The acquisition stage of the experimental test was obtained with the USB Digital Electron Microscope, from which 11 samples (images) were extracted for digital processing, the three experiments analyzed by the processing code developed in Python and converted to the DICOM format, to The visualization stage was implemented by the ConQuest DICOM server, so that it could be visualized in the WEB browser and the MicroDicom Viewer application. In the experimental test, the statistical validation test was performed by applying the Student's T test to the data, which yielded as a result for the variation of area and for the variation of color dispersion with level of significance and degrees of freedom, being the critical values for what and are in the region of acceptance, why and. This concludes with a 99% confidence level that “There is no significant difference greater than 1% between the processing of area variation and variation of color dispersion carried out by the developed system and the processing carried out by the Photoshop software applied to the experimental test”. The validation of the system developed for the digital image processing of skin tests in the allergic response has been proven

**Keywords:** Dermatology, Digital Processing, Dicom Standard, Morphological Characteristics of the Skin



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Las reacciones alérgicas han sido objeto de estudio en las enfermedades dermatológicas, por que provocan diversas respuestas en el cuerpo humano, y la piel es uno de los órganos diana de los efectos de la alergia, la urticaria y el eczema son lesiones cutáneas que se presentan con mayor frecuencia, por lo que no es de extrañar que sea una de las manifestaciones clínicas más importantes, aunque se debe mencionar que existe otras reacciones en los ojos, rinitis, o hasta la anafilaxia que es una reacción adversa inmunitaria, en la actualidad el uso del pruebas cutáneas “in vivo”, como el Prick Test es el más usado y extendido, que consiste en exponer la epidermis a los alérgenos, y de ese modo ver la sensibilidad de la piel; si bien la prueba es eficaz, de cierto modo depende mucho de los criterios del operador de salud para diagnosticar la respuesta alérgica, y en muchos casos no se cuenta más que descripciones y pequeños dibujos en una cinta de papel adhesiva, que dibujan la forma del habón de la reacción alérgica; lo cual la probabilidad de sesgo de error es mayor.

En este contexto se desarrolló un sistema, que pueda adquirir las imágenes cuando se manifieste las reacciones alérgicas en la piel, para su posterior procesado determinando las características morfológicas del edema que se produciría en caso de que el paciente sea sensible al alérgeno, esto será posible comparando la respuesta del control positivo y negativo de la prueba epicutánea, en este proyecto se hizo la comparación con la muestra anterior, dando un valor exacto en área y tiempo de reacción, con esta información se daría un mejor diagnóstico y una posibilidad de seguimiento a estudios en pruebas cutáneas para investigación.



## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La revista de la SPD “Sociedad Peruana de Dermatología”, publicó artículos referidos a la dermatitis alérgica por contacto, los estudios que detalla en la revista corresponde a estudios realizados en el Hospital Nacional Carlos A. S. Escobedo, EsSalud Arequipa, para determinar la interacción de la dermatosis alérgica hacia equipo biomédico en cirugía, tales como guantes de látex, instrumental metálico, etc. De los 6 695 procedimientos quirúrgicos, arrojando que 65 000 exposiciones potenciales, que producen en el tiempo reacciones alérgicas; con ese artículo se demuestra sobre los alérgenos frecuentes que están asociados al uso de equipos quirúrgicos (Antoine Amado De-Olazával, 2005). La publicación de la Revista de enfermería dermatológica, describe detalladamente las pruebas cutáneas, que se practican actualmente, y define los síntomas principales de las reacciones alérgicas como la urticaria y el eczema como las más representativas de las lesiones, las pruebas cutáneas o llamadas también “Prick-test”, intradérmicas y epicutáneas, son del tipo calificados por el artículo como “in vivo”, que consiste una valoración de observación de las respuesta alérgica, provocado por uno de los alérgenos, se aplica un test de varios elementos, en donde se encuentra las pruebas de control y los posibles alérgenos. (Remedios Alamar Martínez<sup>1</sup>, Setiembre-Diciembre 2012)

Como se puede apreciar, la descripción de las enfermedades dérmicas se ha estancado, en las pruebas de diagnóstico, enfermedades como la dermatitis, acné, eczema, psoriasis, urticaria, dermatitis atópica, etc; se describen para el diagnóstico médico de una forma relativa, esto porque cada profesional de salud que realiza la prueba lo hace a su criterio, para ello es necesario contar con procedimientos y tecnologías, que permitan hacer un diagnóstico más exhaustivo de las pruebas que se realizan, la adquisición de imágenes y/o video para su procesamiento digital, provee



de un gran paso para el estudio de enfermedades dérmicas y su posterior beneficio para el mejor diagnóstico médico.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Se puede implementar un sistema de procesamiento digital de imágenes de pruebas epicutáneas en la respuesta alérgica, que no tenga diferencia significativa al procesamiento del software Photoshop?

## **1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Hipótesis General**

No existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de área y variación de dispersión de color realizado por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop aplicados a la prueba experimental.

### **1.3.2 Hipótesis Específica**

- ❖ No existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de área realizadas por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop aplicados a la prueba experimental
- ❖ No existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de dispersión de color realizadas por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop aplicados a la prueba experimental

## **1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

Las reacciones alérgicas han sido objeto de estudio por que provocan diversas



respuestas en el cuerpo humano, y la piel es uno de los órganos diana de los efectos de la alergia, la urticaria y el eczema son lesiones cutáneas que se presentan con mayor frecuencia, por lo que no es de extrañar que sea una de las manifestaciones clínicas más importantes, aunque se debe mencionar que existe otras reacciones en los ojos, rinitis, o hasta la anafilaxia que es una reacción adversa inmunitaria, en la actualidad el uso del pruebas cutáneas “in vivo”: Prick Test es el más usado y extendido, que consiste en exponer la epidermis a los alérgenos, y de ese modo ver la sensibilidad de la piel; si bien la prueba es eficaz, de cierto modo depende mucho de los criterios del operador de salud para diagnosticar la respuesta alérgica, y en muchos casos no se cuenta más que descripciones y pequeños dibujos en una cinta de papel adhesiva, que dibujan la forma del habón de la reacción alérgica; lo cual la probabilidad de sesgo de error es mayor. En este contexto se propone desarrollar un sistema que pueda adquirir las imágenes cuando se manifieste las reacciones alérgicas en la piel, para su posterior procesado determinando las características morfológicas del edema que se produciría en caso de que el paciente sea sensible al alérgeno, esto será posible comparando la respuesta del control positivo y negativo de la prueba epicutánea, dando un valor exacto en área y tiempo de reacción, con esta información se daría un mejor diagnóstico y una posibilidad de seguimiento a estudios en pruebas cutáneas para investigación.

## **1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 Objetivo general**

Implementar un sistema para el análisis digital de imágenes y la interfaz de visualización de cambios morfológicos de la piel en las pruebas epicutáneas para el diagnóstico de alergias, mediante el planteamiento de tres experimentos

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- ❖ Diseñar e implementar la etapa de adquisición del sistema.





- ❖ Diseñar e implementar la etapa de Procesamiento Digital de imágenes con algoritmos desarrollados con el lenguaje de PYTHON en el editor de códigos ATOM.
- ❖ Implementar la etapa de Visualización de las imágenes en formato DICOM, mediante el servidor DICOM.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES.

El trabajo de investigación realizado por el Ingeniero Álvaro Martínez donde, desarrolla una aplicación con el software de análisis de imágenes dermatoscópicas en lesiones de piel, en especial en los melanomas para diferenciar los carcinomas en benignas y malignas, realiza una investigación con énfasis en la segmentación automática; lo cual es de gran ayuda para poder realizar el pre procesamiento; hay que destacar también el uso de métodos de diagnóstico como las reglas ABCD, Menzies, 7-ponit checlisyt, Cash y Chaos & Clues, que son algoritmos en su mayoría y métodos de análisis que permiten caracterizar los melanomas con un resultado en cifras que se pueda intuir al sistema si existe un carcinoma, se debe tener en cuenta que el sistema realiza un análisis basado en criterios, ya establecidos en el diagnóstico médico. (Martínez, 2014)

Las imágenes DICOM, se ha vuelto en la actualidad el estándar de transmisión de imágenes médicas, en el trabajo de pregrado de Morales Reyes A.; se utiliza una herramienta informática llamada “DICOM Toolkit” , que a principios de los años 2000 , permitía conectar equipos biomédicos a través de un formato de archivos, comúnmente llamados “pacs”, este trabajo muestra un acercamiento, desde el punto de vista en el uso de protocolos TCP/IP, esto es importante para que DICOM, como un estándar sea aceptado mundialmente (Morales Reyes, 2002). El Estándar DICOM, establece criterios de manejo de datos y servicios definidos para operaciones específicas, ya sea en el manejo de las imágenes (Procesamiento), en la presentación (Interfaz), transmisión (Protocolo TCP/IP), estructura de la información adicional (Metadata); investigaciones en este ámbito han permiten la creación de PACS, que permite el desarrollo de sistemas de integración eficientes, en el manejo de base de datos de la información del paciente,



además de usar interfaces de WEB con SSL, que permiten acceder a múltiple clientes.  
(Armando., 2006)

La capacidad de transmitir y almacenar la información en las imágenes médicas, por medio del software libre ha promovido la explotación de sistemas que brindan las redes digitales, para brindar el acceso a esta información del personal de salud y también los pacientes, el trabajo desarrollado “ Uno de los grandes problemas que se presentan en instituciones que trabajan con Diagnóstico por Imágenes (Dx) en su red informática o de interconexión de equipos, son los “cuellos de botella” ocasionados por el alto flujo de datos en la red. Este flujo está dado por la transferencia de imágenes en formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) hacia los distintos dispositivos que componen una red DICOM, los denominados Service Class Users (SCU) y Service Class Providers (SCP). (Herranz, OCTUBRE 2003). El presente trabajo describe el desarrollo e implementación de una red de imágenes médicas utilizando software libre y su compatibilidad con red de datos propia de un sistema Se describen técnicas utilizadas para la interconexión de nodos locales en una LAN (Local Área Network) a distancia WAN (Wide Area Network) vía Internet y WLAN (Wireless Area Network).” Es de importancia en los estándares de transmisión, aunque el objetivo principal lo desarrolla como producto final, el acceso a la información primaria es d mucho interés para el desarrollo del proyecto de investigación, se debe tener en cuenta que el alcance de este trabajo también hace uso de los DICOM. (L R Álvarez, CAIS 2013)

Sin embargo, para la mayoría de aplicaciones de los algoritmos, no necesariamente se necesita de una plataforma, en si la mayoría destaca las propiedades de otros programas para el desarrollo de investigaciones en el procesamiento de imágenes como Matlab, los algoritmos usados en MatLab se basan en rutinas que imitan el análisis matemático, usando como base la matriz de pixeles, que es similar al que se va emplear,



el tipo de matriz puede ser en el formato `double` y `uint`. Una vez caracterizado la imagen, se puede realizar la aplicación de los algoritmos, para obtener una zona u obtener información de las imágenes. (MathWorks, s.f.)

El campo de que el área de TIC tiene en la actualidad abarca todo el campo laboral del ser humano, en el trabajo de doctorado del Doctor Gavino Chipana, se hace un estudio de investigación orientado a la gestión de residuos, y el uso de la tecnología GSM para la operación de contenedores, en la actualidad los centro hospitalarios no cuentan con un sistema de gobierno digital y manejo de la información en historia clínicas digitales, en esta investigación permite la posibilidad de aplicar sistemas de información, y poder dar el salto en el uso de la tecnología. (Chipana, 2019)

## **2.2 MARCO TEORICO**

### **2.2.1. Alergia Cutánea.**

La revista médica Herediana, indica un aumento a cada año de la prevalencia de enfermedades alérgicas en el mundo y Perú, menciona claramente en conjunto a las alergias como una reacción al sistema inmunitario, la reacción es debido siempre a la exposición a una sustancia extraña (que puede ser como el polen, veneno de las avispas o abejas) o un alimento que no provoca una reacción en la mayoría de las personas. (Arruda Chaves, Lima 2004)

El sistema inmunitario del ser humano, produce sustancias conocidas como anticuerpos, estos anticuerpos producen inflamación de la piel, los senos paranasales, las vías respiratorias o el aparato digestivo

### **2.2.2. Inmunoglobulina E (IgE)**

La inmunoglobulina E forma parte de la familia de anticuerpos que reaccionan ante la exposición a sustancias extrañas o ajenas al cuerpo humano, dentro de ellas la inmunoglobulina E que se denomina así por qué parte de la estructura la conforman

cadena llamada “Epsilon”, y está presente en la sangre, en la concentración más baja o normal de todas las clases de inmunoglobulinas; su importancia radica en la resistencia y lucha contra las enfermedades parasitarias, producidas por los helmintos. (Dr. José Manuel Zubeldía, 2012)

### 2.2.3. Pruebas Cutáneas

Para realizar el diagnóstico de los alérgenos desencadenantes, se usan pruebas cutáneas, el ensayo en sí, consiste en exponer la piel, verificando la hipótesis diagnóstica. Esto se le considera una prueba de descarte.

Las pruebas cutáneas como en la figura 2.1 pueden ser clasificadas según el tiempo en que se obtienen los resultados: las de lectura inmediata y las de lectura tardía. Las primeras están relacionadas con el mecanismo de hipersensibilidad inmediata tipo I, mediadas por inmunoglobulina E (IgE), y las últimas se relacionan con la reacción de hipersensibilidad tardía tipo IV, mediadas por células T, según la clasificación de Geel y Coombs. (Wikipedia, 2020)

*Figura 2.1: Prueba cutánea*



*Fuente: Recuperado La Nación Licencia: CC BY*

Las pruebas cutáneas que nos ayudan a establecer el diagnóstico, son:

- El prick-test o prueba de puntura, intraepidérmica.
- La intradermorreacción o intradérmica (ID)
- La prueba del parche (pach-test) o epicutánea



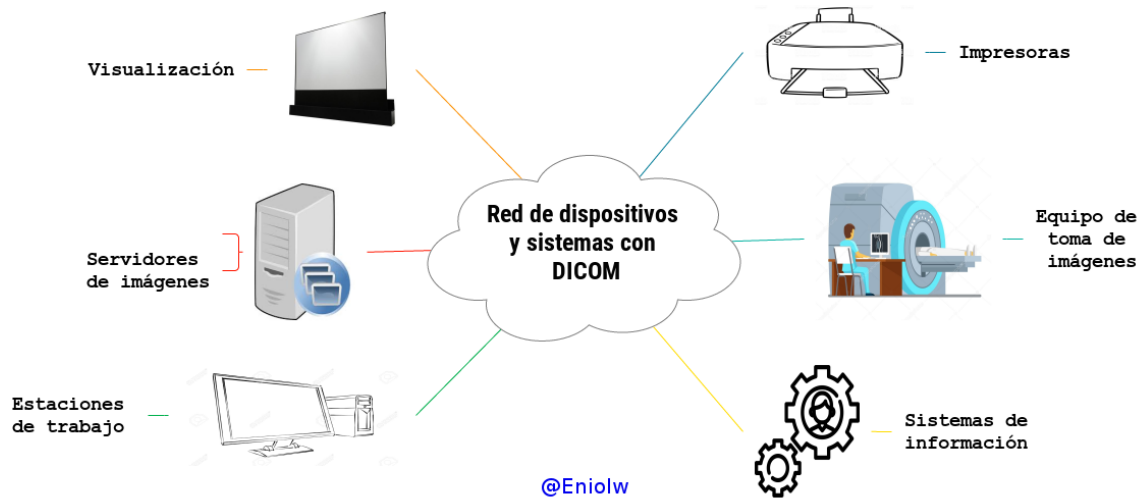
#### 2.2.4. DICOM

La informática en hospitales y clínicas, se ha globalizado y posteriormente las imágenes digitales, pasó a ser necesario estandarizar el formato de las imágenes generadas por los equipos y también uniformizar la comunicación entre ellos. Para ello se diseñó un conjunto de normas (protocolos) para el intercambio y almacenamiento de esas informaciones, denominado DICOM.

Las normas DICOM fueron creadas por la asociación entre la American College of Radiology (ACR) y la National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Esto tiene como finalidad la estandarización de las imágenes, en los diversos tipos de exámenes – tomografías, resonancias, radiografías; para ser convertidos en un formato único, permitiendo el intercambio entre estaciones de trabajo sin importar la marca de éstos. Gracias a esto la comunicación también pasa a ser posible con otros dispositivos, incluso móviles, pudiendo realizar diagnósticos a distancia. (Pixon, 2017)

Lo mencionado anteriormente, no debe confundirse al protocolo DICOM, con un programa que controla un software; sino como un Estándar de comunicación, gracias a un software especializado soporte DICOM para visualizar y/o aplicar servicios, en la Figura 2.2 se aprecia; la visualización y las impresoras que ayudan apreciar los resultados de los equipos biomédicos que toman las imágenes el servidor para almacenar las imágenes, las estaciones de trabajo que permiten realizar el procesamiento, y por último los sistemas de información que permite el transporte de la información. (Enio, 2018)

Figura.2.2: Sistemas y Dispositivos de uso médico



Fuente: Recuperado @Eniolw Licencia: CC BY

Los metadatos, que se aprecia en la figura 2.3, son los campos de inserción de datos, la estructura lo conforma una cabecera y la estructura de la información Dicom, el UID es el identificador único, y con el OID o identificador del objeto, que hace referencia al TAG (0001,0003) que cuenta con su descripción, el formato del dato y su respectivo valor.

Figura 2.3: Metadatos del estándar DICOM

OID	Descripción	Formato	Valor
(0008, 0020)	Study Date	DA	'1999.05.05'
(0008, 0021)	Series Date	DA	'1999.05.05'
(0008, 0022)	Acquisition Date	DA	'1999.05.05'
(0008, 0023)	Content Date	DA	'1999.05.05'
(0008, 0030)	Study Time	TM	'10:52:34.530000'
(0008, 0031)	Series Time	TM	'10:52:34.530000'
(0008, 0032)	Acquisition Time	TM	'10:52:34.530000'
(0008, 0033)	Content Time	TM	'10:52:32.510000'
(0008, 0060)	Modality	CS	'CT'
(0008, 0070)	Manufacturer	LO	Picker International, Inc.
(0008, 0080)	Institution Name	LO	105 HOSPITAL
(0008, 0090)	Referring Physician's Name	PN	Anonymized
(0008, 1010)	Station Name	SH	Picker CT
(0008, 1030)	Study Description	LO	
(0008, 1050)	Performing Physician's Name	PN	Anonymized
(0008, 1060)	Name of Physician(s) Reading Study	PN	Anonymized
(0008, 1070)	Operators' Name	PN	Anonymized
(0008, 1090)	Manufacturer's Model Name	LO	PQ5000
(0010, 0000)	Group Length	UL	18
(0010, 0010)	Patient's Name	PN	Anonymized
(0018, 0000)	Group Length	UL	124
(0018, 0010)	Contrast/Bolus Agent	LO	C-
(0018, 0050)	Slice Thickness	DS	'10.0"
(0018, 0060)	KVP	DS	'120"
(0018, 1000)	Device Serial Number	LO	319
(0018, 1030)	Protocol Name	LO	ADULT BRAIN/U

Fuente: Recuperado @Eniolw Licencia: CC BY



### 2.2.5. Python

El lenguaje Python, está orientado a objetos, que usa una gran cantidad de scripts, por lo que la curva de aprendizaje es fácil para un usuario que se inicia en el mundo de la programación, con una acogida cada vez mayor, se ha vuelto en un lenguaje popular a nivel mundial

### 2.2.6. Procesamiento de Imágenes Digitales

Proceso de filtrado: Consiste en el conjunto de técnicas englobadas dentro del pre-procesamiento de imágenes cuya finalidad es obtener, a partir de una imagen origen, una final cuyo resultado sea más conveniente para el uso en una aplicación específica mejorando ciertas características que se hacen sobre la imagen. (Wikipedia, 2020)

La aplicación de filtros busca:

- Suavizar la imagen: reducir la cantidad de variaciones de intensidad entre píxeles vecinos.
- Eliminar ruido: eliminar aquellos píxeles cuyo nivel de intensidad es muy diferente al de sus vecinos y cuyo origen puede estar tanto en el proceso de adquisición de la imagen como en el de transmisión.
- Realzar bordes: destacar los bordes que se localizan en una imagen.
- Detectar bordes: detectar los píxeles donde se produce un cambio brusco en la función intensidad. Procesamiento Digital de imágenes (Wikipedia, 2020)

#### 2.2.6.1 Técnica Filtrado en el dominio Espacial

La técnica en el dominio del espacio, este tipo de técnica opera en toda la muestra o imagen, tomando como referencia de la intensidad de cada pixel y su vecindad, el filtrado espacial opera de manera suavizante por medio del Paso bajo y Mediana; en cambio en la manera realzante por medio de Paso





alto y High-boot y de la manera por diferenciales por medio de los gradientes; las cuales realizan operaciones algebraicas dependiendo de la información que se quiera obtener de las imágenes, estos filtros también están clasificados en los filtros lineales y no lineales (Benito, 2015)

#### 2.2.6.2 Ruido Digital

El ruido es la señal que acompaña a la adquisición de una señal, generalmente va montada cuando el dispositivo que adquiere la señal y hace el muestro, en el artículo de simulación de ruidos, es de interés en el simulado con el software SCILAB, el ruido por impulso, que se genera por una distribución aleatoria con probabilidad de decadencia lenta, y el ruido gaussiano aditivo, que adición un vector de suma a la imagen original. Como resultado crea una imagen con pixeles en forma de manchas que tienden al color blanco, lo que se conoce como salpicaduras de sal (SIGNAL AND IMAGE NOISE MODELS , 2010)

#### 2.2.6.3 Filtro Gaussiano

Este tipo de filtro categorizado en el tipo lineales, es considerado para el suaviza miento, esto permite utilizar una máscara de función gaussiana  $G(x,y)$  que representa la posición de un pixel, a la cual se le aplica la máscara gaussiana que actúa a modo de filtro de media, la realización de la convolución se aplica tanto en el sentido vertical y horizontal, esta transformación lineal produce el suavizado que caracteriza este filtro, sin embargo la pérdida de calidad es inevitable a medida que toma más pixeles para esta operación.

#### 2.2.7. Microscopio Camera Digital Usb

El equipo para la parte experimental, es un dispositivo de uso comercial que se

aprecia en la figura 2.4, se usó para obtener imágenes de la piel.

*Figura 2.4: Microscopio de aumento 1600x*



*Fuente: Recuperado Amazon co.uk*

#### **Parámetros técnicos:**

Ampliación: 1600X

Sensor: Sensor HD Color CMOS

Relación de resolución: 2.0 megapíxeles

Zoom digital: 6x

Velocidad de visualización: 30 fps

Distancia de imagen: ajuste manual de 10 mm a disparo largo

Resolución de imagen: estándar 640x480, más alto 1600x1200

Resolución de video: Estándar 640x480, más alto 1600x1200

Rango de enfoque: 8 mm (ajuste manual)

Rango de iluminación: 0 ~ 30000lux ajustable

Sistemas de operación compatibles: Win XP, Vista, Win7 / 8 32 bits y 64 bits

#### **2.2.8 Adobe Photoshop**

Adobe Photoshop es uno de los editores de gráfico popular en el sistema operativo de Windows, la edición de imágenes que abarca los sectores de gráficos vectoriales, gráficos 3D y 2D



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Tipo de Investigación

La investigación realizada, se puede clasificar de tipo aplicada, por los conocimientos adquiridos en la universidad y por estudio propio, esta aplicada en el uso y mejora de ciertos valores que se encuentran en los algoritmos de procesamiento, y también se hizo investigación con respecto al estudio del arte, ya que se vio la posibilidad de desarrollar o la de usar interfaces ya hechas para mostrar los resultados del procesamiento de imágenes

##### 3.1.1 Nivel de Investigación

La investigación realizada es exploratoria, explicativa y descriptiva.

¿Por qué exploratoria?, el tema de imágenes dermatológicas es abarcada con mucha frecuencia en trabajo de investigación, sin embargo, el aspecto de alergias y pruebas epicutáneas no ha sido muy abordado y desarrollado

¿Por qué Explicativa?, porque permite ayudar a entender una variable independiente para ver el efecto que provoca en la variable dependiente

¿Por qué descriptiva?, la adquisición de imágenes para hacer la prueba de validación no es modificado, para ver la respuesta del sistema.

##### 3.1.2 Diseño de Investigación

La investigación que se lleva a cabo es de tipo experimental, esta investigación parte de dar una herramienta de ayuda para el diagnóstico médico, para ello usa los principios de procesamiento de imágenes, y adquisición de información, que será puesta en un formato estándar que es requerido en el área biomédica.

El diseño abarca la estructura desde la adquisición de imágenes hasta la presentación en una interfaz para que el usuario final comprenda mejor o sea de su fácil comprensión

### 3.2 Muestra y población

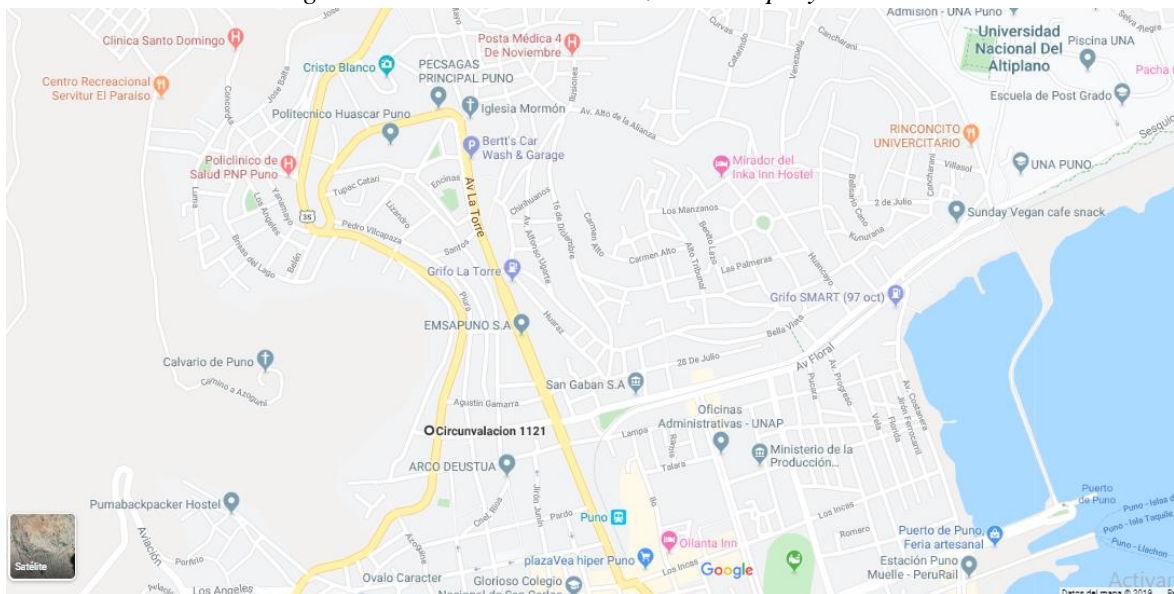
La muestra lo conforman todas las imágenes obtenidas para el procesamiento y extracción de información.

El total de experimentos realizados son cuatro, las dos primeras se basan en la modificación por ordenador; y los dos últimos con el voluntario que es expuesto a una sustancia alérgeno, para simular una reacción alérgica por medio de la prueba cutánea. Y poder extraer las muestras.

### 3.3 Ubicación

Las pruebas se realizaron en la ciudad de Puno. En la dirección Jr. Mariano H. Cornejo 428 – Puno, visualizado en la figura 3.1

*Figura 3.1: Ubicación de realización del proyecto*



*Fuente: Recuperado GoogleMaps*



### 3.4 Materiales

#### 3.4.1 Equipos

Laptop	S./ 2 000.00
Microscopio USB 1600x Logitech	S./ 100.00
Alérgeno experimental	S./ 4.00
Lanceta	S./ 5.00
Inyectable	S./ 1.00
Regla	S./ 1.00

#### CPU NORMAL REPOTENCIADO

CPU servidor	DEMO
Switch x-series 2960	DEMO

#### 3.4.2 Software

Software Python	FREE
Software Editor Atom	FREE
Software CoolingTeach Microscope	FREE
Servidor CONQUEST DICOM	FREE
Sistema Operativo UBUNTU	FREE
Software MicroDicom Viewer	VERSIÓN FREE
Software Adobe Photohop 2020	VERSION DEMO
Navegador WEB	FREE

### 3.5 Técnicas e Instrumentos para la recolección de muestras

El sistema de adquisición de los primeros dos experimentos, son generados por ordenador con el software Photoshop, con una tasa de muestreo de once imágenes por experimento. Se decidió realizar esta tasa de muestreo, debido a que el intervalo entre

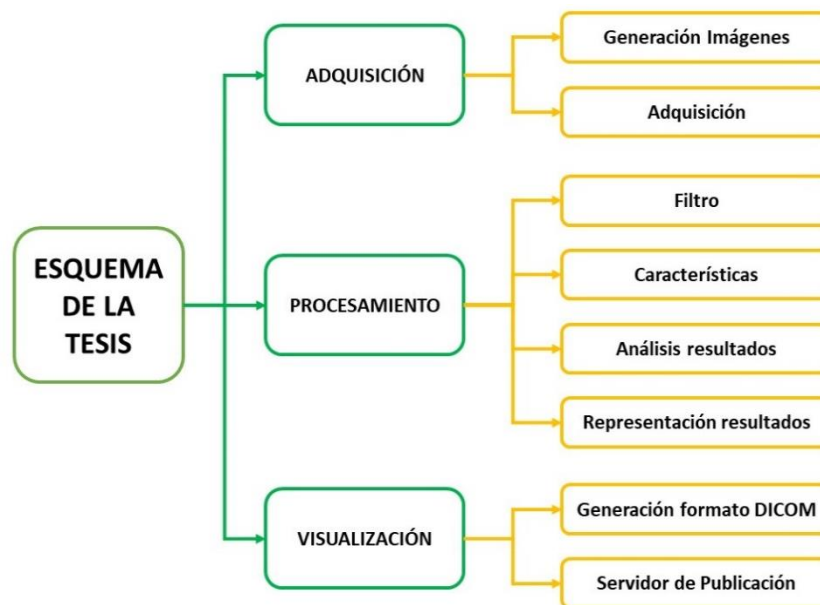
foto representara un minuto y dos minutos, haciendo el total de diez minutos para el experimento 1 y veinte minutos para el experimento 2

El sistema de adquisición para el experimento 3, se realiza con una grabación de video, el proceso de adquisición de muestras, se obtiene por un código adicional que se detallara más adelante, lo cual extrae 11 muestras para el procesamiento digital

### 3.6 Técnica y diagramas para la estructuración del sistema

Para una mejor comprensión, el sistema está dividido en tres bloques, todos los experimentos contienen parte o todo lo detallado en la Figura 3.2, el sistema comienza con la adquisición para obtener las muestras; para luego aplicar los algoritmos de procesamiento, que permiten analizar las imágenes, para luego poner los resultados e imágenes en el formato DICOM.

Figura 3.2: Esquema de la estructura del sistema

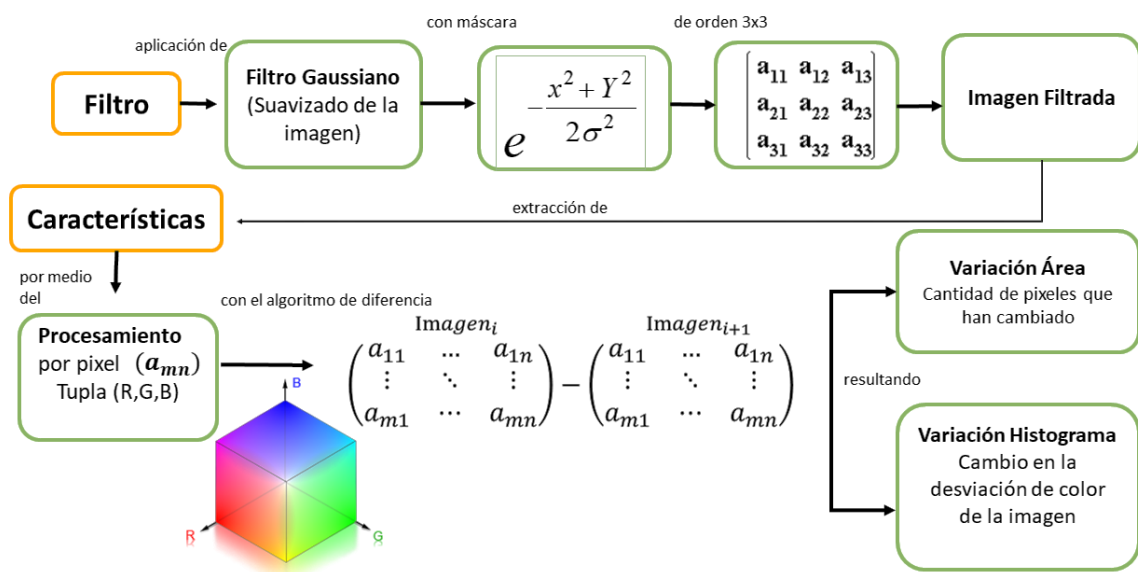


*Elaboración propia*

En la Figura 3.3, esta esquematizado los pasos importantes en el procesamiento digital de las imágenes, el filtro aplicado (Gaussiano) esta implementado con el orden

3x3, para luego pasar al paso de extracción de características, donde se realiza las operaciones de pixel por pixel, aplicandose una diferencia entre la imagen (i) y la siguiente imagen (i+1), por lo que el cambio en la información del pixel (tupla) nos da información que es extraída del resultado en forma de variación de área y variación de histograma.

Figura 3.3 Diagrama de Flujo del filtro y extracción de características

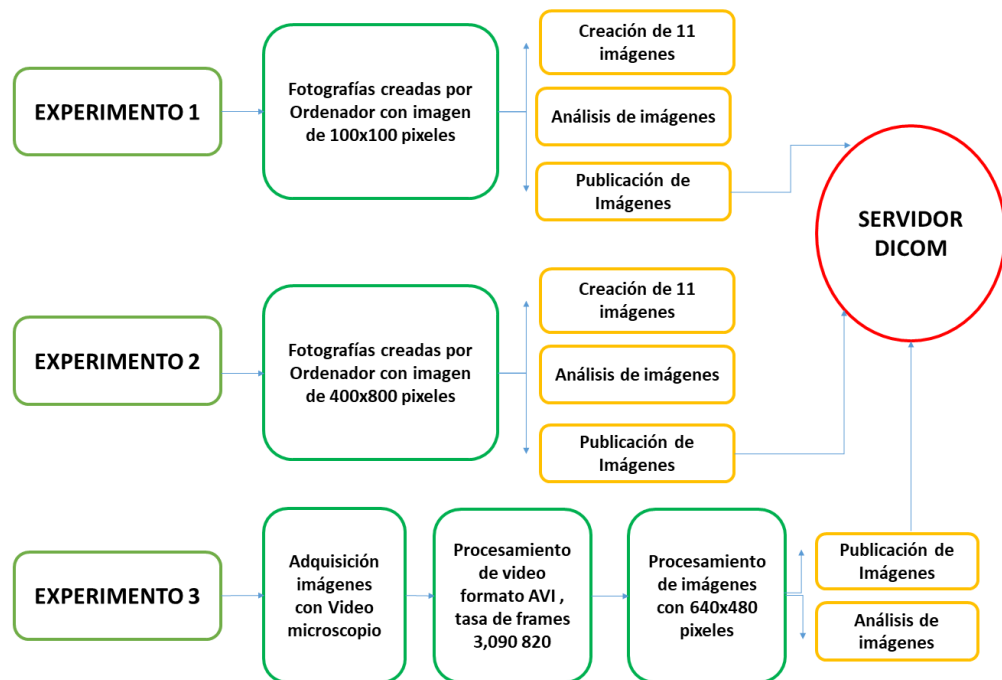


Elaboración Propia

### 3.7 Técnica y diagramas para la estructuración de los experimentos

La siguiente Figura 3.4, describe las partes importantes de los cuatro experimentos, las formas de adquirir las imágenes están descritos brevemente, para luego procesarlas y analizarlos, plasmando en gráficos el resultado, y luego son publicados por el servidor de almacenamiento de imágenes que ya están en formato DICOM, lo que permite ser visualizado en distintos softwares que soportan el estándar DICOM, sin importar el tamaño o características de la imagen.

Figura 3.4: Esquema de flujo de cada experimento



*Elaboración propia*

### 3.8 Técnicas y Características de las Imágenes de los experimentos

EL formato utilizado es el formato PNG, no se utilizó el formato JPG, debido a incompatibilidades, debido a que JPG usa compresión con pérdida de calidad. Las características principales de las imágenes de muestra, engloba 3 parámetros esenciales para el análisis, se debe mencionar, que uno de los objetivos de esta tesis, es tener una representación de la evolución de la piel ante una reacción alérgica en la piel, para ello el procesamiento se concentró en:

- El área de evolución del hematoma, absceso o inflamación de la piel, luego de aplicar el compuesto alérgico, por lo que las simulaciones en el ordenador, se crea imágenes que simularan esa reacción, mientras en las pruebas reales, se busca por medio de imágenes ver la evolución de la inflamación.





- El color de evolución del hematoma, absceso o inflamación de la piel, luego de aplicar el compuesto alérgico, se busca ver la variación de color, esto arroja la opción de tener un análisis diferente a anteriores investigaciones, que se concentran en la variación de los bordes de la inflamación
- Por último, el tiempo, será un parámetro, que se está incluyendo, gracias a que esta medida de variable, permitiría a los especialistas estimar la agresividad de una reacción.

### **3.9 Procedimiento del experimento**

#### **3.9.1. Bloque de Adquisición:**

##### **3.9.1.1. Prueba con el Software Adobe Photoshop 2020**

La generación de las muestras (imágenes), se crean con este software, debido a que cuenta con una gama de implementaciones que permiten modificar, extraer, características de una imagen, lo que es importante para la comparación con el algoritmo que se desarrolló.

**El primer experimento**, posee una imagen base, se puede apreciar en la Figura 3.5, es la imagen de una piel de cultivo, que fue procesada en un laboratorio; la ventaja de esta imagen, es la tonalidad uniforme en toda su extensión, el tamaño personalizado se eligió en 100x100 pixeles.

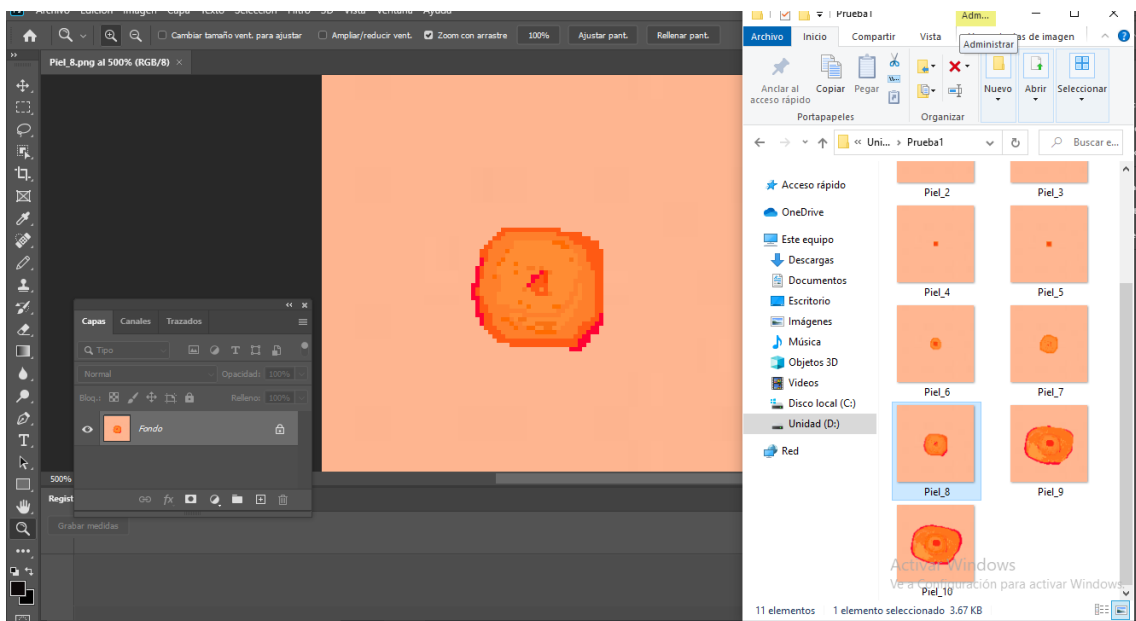
Figura 3.5: Imagen de la piel humana del primer experimento



Fuente: Recuperado Shutterstock.com

Con el software de Photoshop, se crea 11 imágenes, que son la muestra; el criterio para cambiar el color de los pixeles, así como la cantidad, fueron escogidos aleatoriamente. En la Figura 3.6, se puede ver las imágenes creadas, el formato que ofrecía un mejor análisis fue el PNG, ya que el formato JPG demostrado anteriormente presenta sesgos al procesarlos.

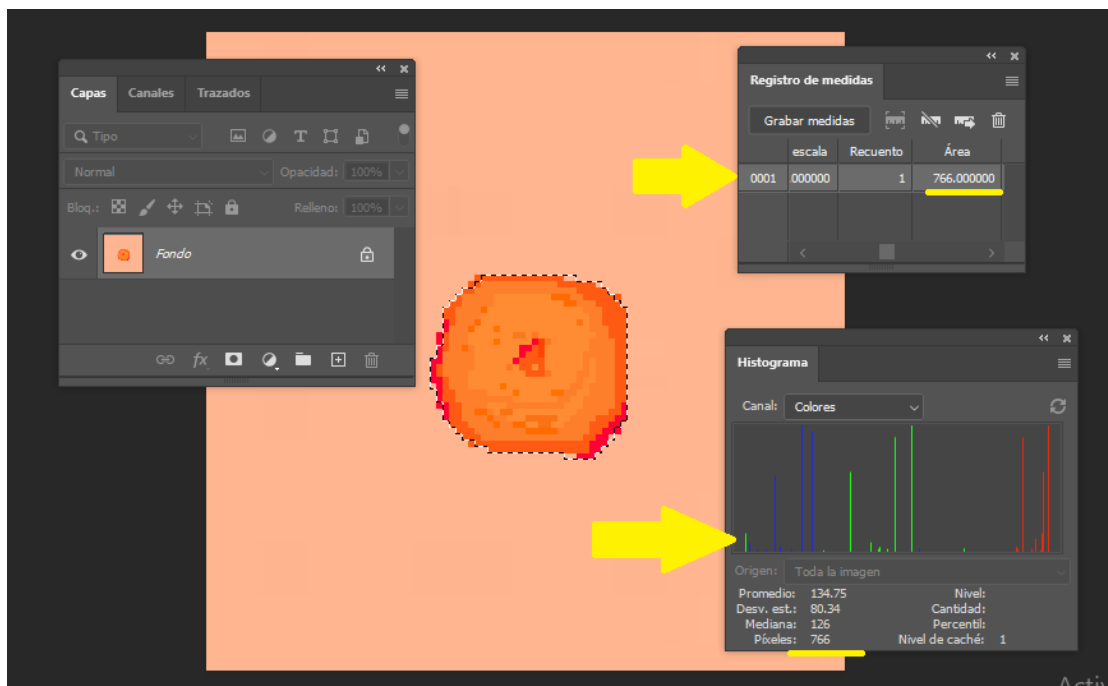
Figura 3.6: Software Photoshop y las imágenes creadas



Elaboración propia

Para la extracción de características, solo debemos hacer uso de las herramientas de Photoshop, como se visualiza en la Figura 3.7, solo debemos usar la herramienta de “lazo libre”, que engloba el área en Photoshop, y tenemos el área; además el histograma, arroja valores en los canales RGB, que son los canales de color, estas medidas se agrupan, en las tablas que se presentarán en los resultados

Figura 3.7: Imagen con las características extraídas



Elaboración propia

**El Segundo experimento;** comparte muchas similitudes con el primer experimento, la metodología es la misma, los cambios están en la muestra, para el segundo experimento se tomó como base la imagen de piel mucho más real, que se visualiza en la Figura 3.8; esta piel mixta tiene características que se acercarán a la prueba experimental; la característica inicial de la imagen son 680 x 1024 píxeles.

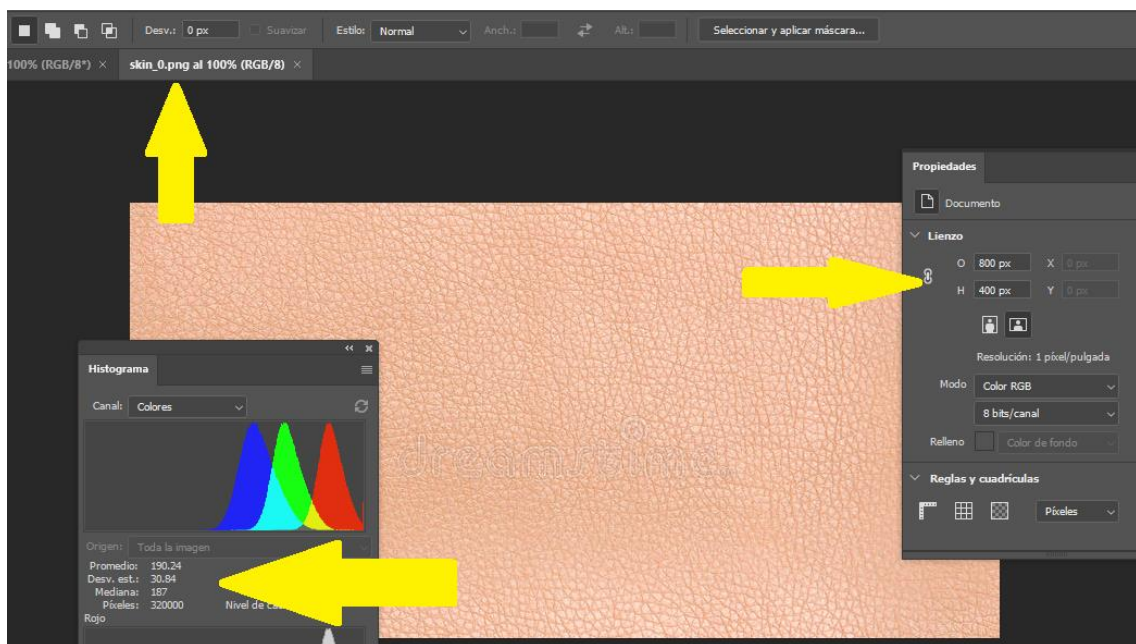
Figura 3.8: Imagen del segundo experimento



Fuente: Recuperado shutterstock.com

La primera imagen, se adecua a los valores de 400x800 pixeles, con una resolución de pixel por milímetro cuadrado. Se puede visualizar mejor en la Figura 3.9, el formato que se estableció fue PNG, debido a que en las pruebas existió incompatibilidad con el programa. Se puede apreciar todas las características que se pueden extraer.

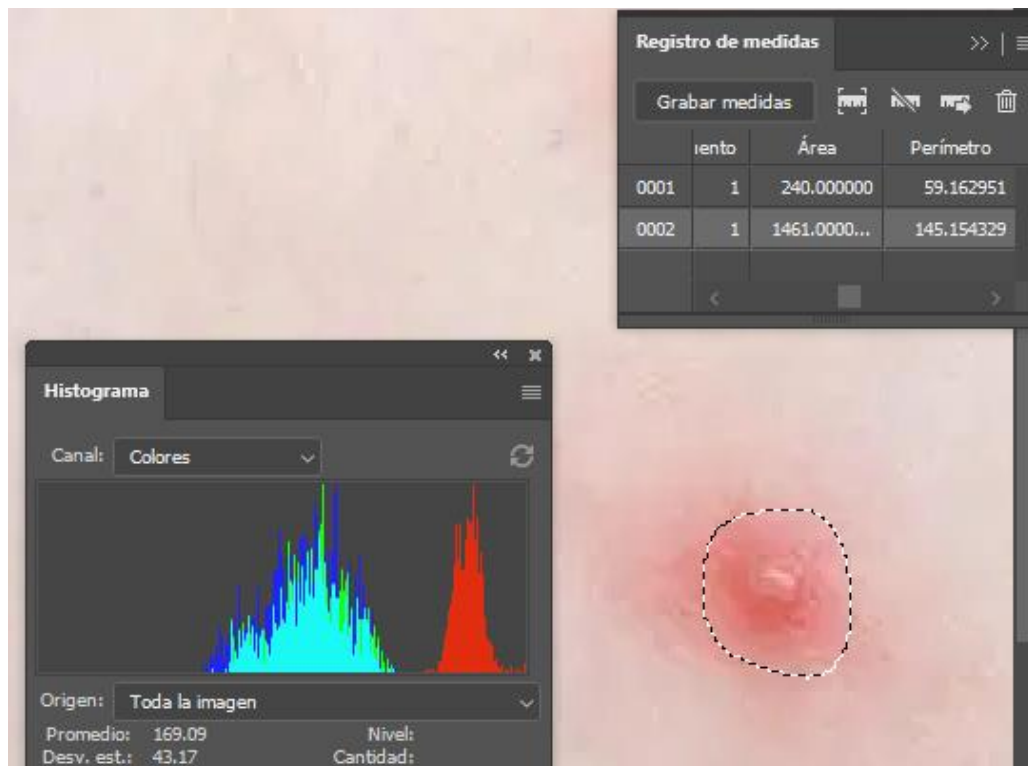
Figura 3.9: Imagen del segundo experimento y sus características



Elaboración Propia

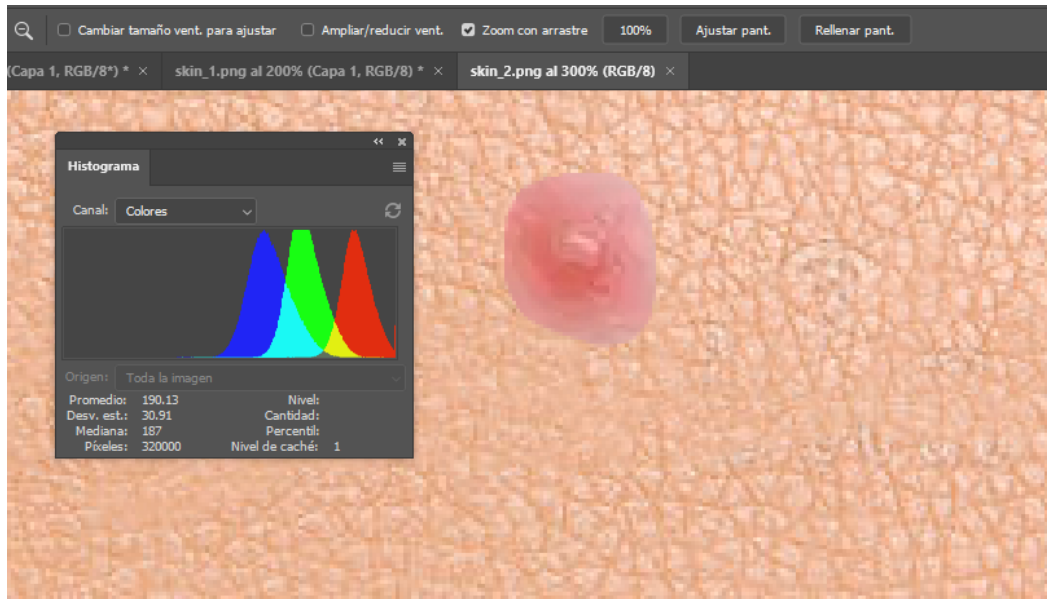
Para la simulación de la reacción de la piel se extrajeron fotos de las inflamaciones de la piel de la página [www.shutterstock.com](http://www.shutterstock.com); y por medio de la edición de gráficos de Photoshop, se puede extraer por medio de capas la imagen del absceso, de la Figura 3.10 se extrae para luego insertar en la Figura 3.11

*Figura 3.10: Imagen que contiene el absceso original*



*Elaboración Propia*

Figura 3.11: Imagen final con el absceso insertado

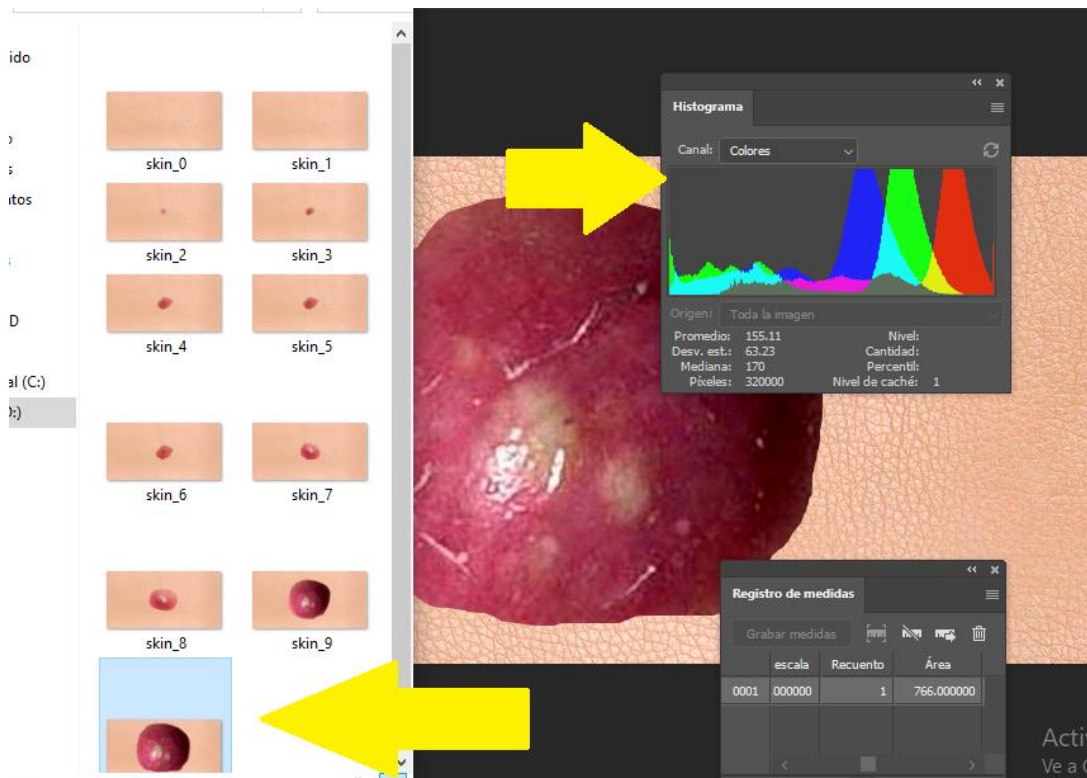


*Elaboración Propia*

Las once imágenes creadas están con el nombre “skin\_“, cada imagen representa la reacción de la simulación en un determinado tiempo, las características obtenidas están en una tabla, los resultados se mostrarán en el segmento de discusión y resultados. La Figura 3.12, muestra el cuadro de histograma, este resultado se comparará con el procesamiento del algoritmo desarrollado



Figura 3.12: Imagen skin\_10 y la carpeta con las muestras

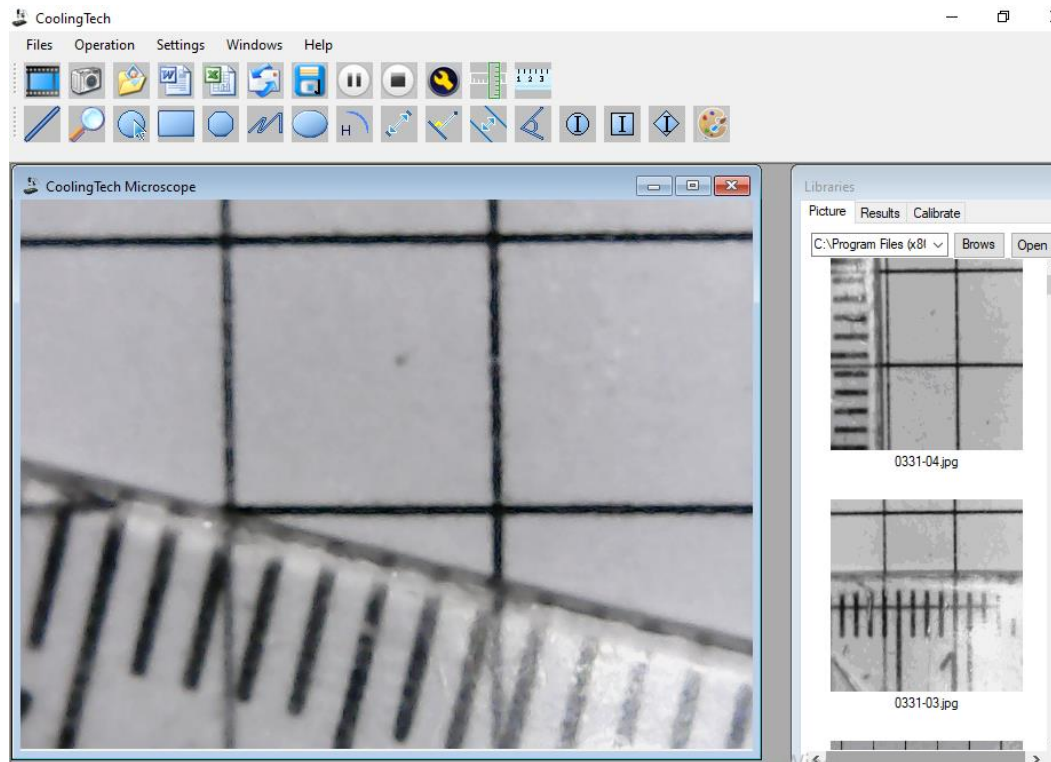


Elaboración Propia

### 3.9.1.2 Prueba con el Microscopio Digital USB

**Para el tercer experimento**, que es de tipo experimental se usó el dispositivo electrónico Microscopio Digital USB 1600x, el dispositivo es de uso comercial, así que no cuenta con una certificación científica que puede dar medidas certificadas, así como las partes de ajuste como enfocar, iluminación son mecánicas, por medio de pequeños potenciómetros que lo hace variar. En la Figura 3.13 se puede visualizar el software; para la instalación el dispositivo cuenta con un CD de instalación; una vez instalado y configurado, se conecta el dispositivo por USB para poder usar el software

Figura 3.13: Software del microscopio

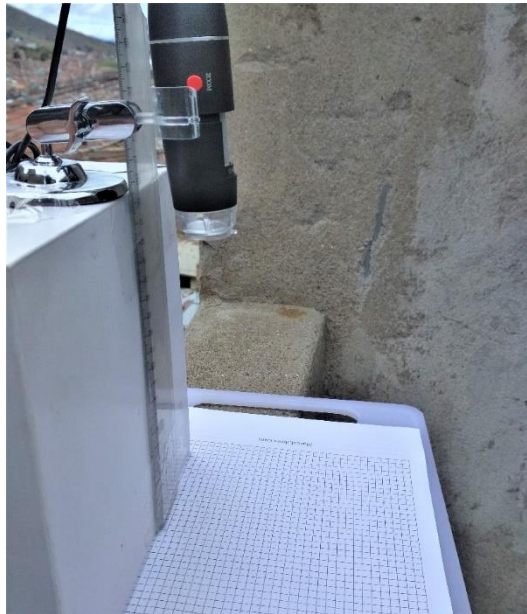


*Elaboración Propia*

Para la calibración se diseñó e implementó una técnica; que consiste en tomar dos puntos de referencia, a fin de encontrar la relación de distancia y área que abarca, por especificaciones del producto, el enfoque mecánico depende de la distancia y la resolución del objeto que se va a visualizar, por lo que no se tomara en cuenta la luminosidad. En la Figura 3.14 se puede apreciar el microscopio, que está sobre una plataforma con una regla milimetrada, y en la base se puede ver la hoja cuadriculada de 0,5cm.



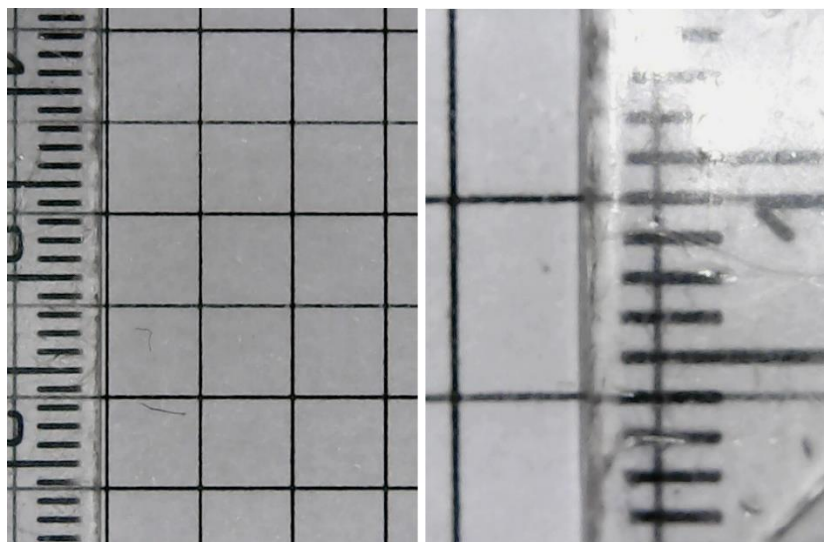
*Figura 3.14: Microscopio electrónico y la hoja cuadriculada de 0.5 cm*



*Elaboración Propia*

Para la calibración se tomó dos medidas, en las especificaciones del equipo, el cambio de lente, provoca que la distancia y la relación con el área son directamente proporcionales, por lo que la curva de relación área y distancia es aproximadamente lineal. La Figura 3.15 permite ver la variación del tamaño de los recuadros de 2,5 cm x 2,5cm; en la Tabla 3.1 se muestra tabulado las dos mediciones

*Figura 3.15: Imágenes de las dos tomas para la calibración, lado izquierdo toma (a) y lado derecho toma(b)*



*Elaboración propia*

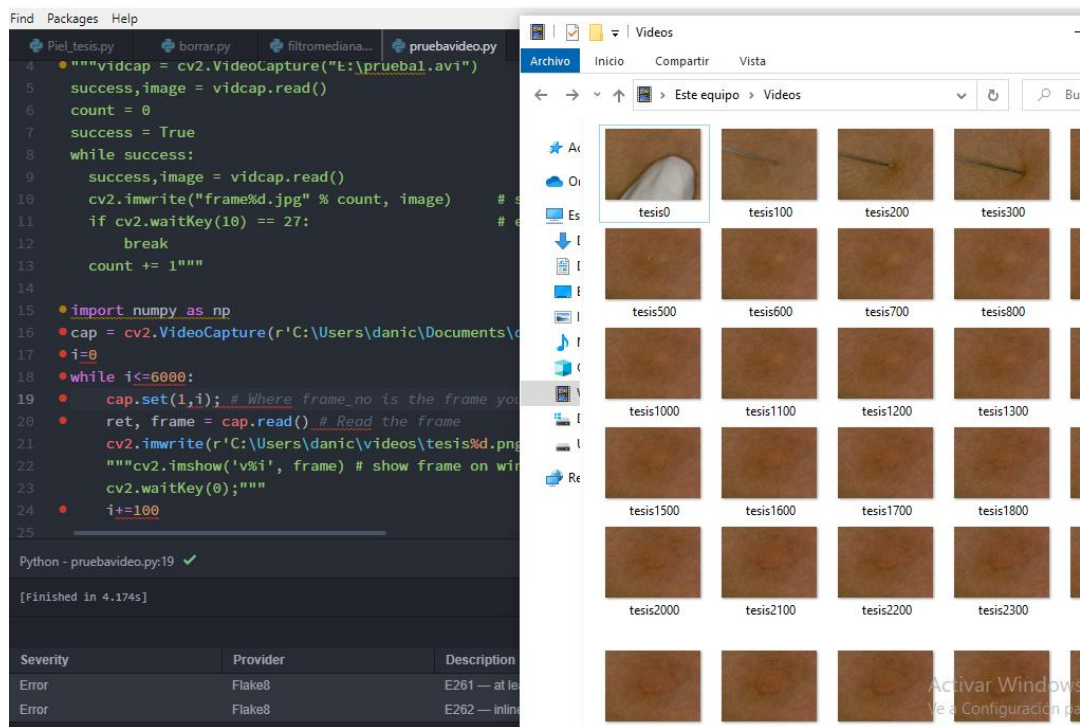
Tabla 3.1: Medidas de calibración

Medidas	Distancia(cm)	largo (cm)	Ancho(cm)	Área(cm <sup>2</sup> )
a	8.50	1.50	0.9	1.35
b	19.00	3.50	2.8	9.8

Elaboración Propia

Para la obtención de las muestras por medio del microscopio, se desarrolló un script en el lenguaje Python, con el editor de códigos ATOM; para ello se seleccionó el video en formato AVI que se generó; en la Figura 3.16 se puede visualizar el código y la carpeta con las muestras creadas, la video pesa 3,45 GB, por defecto el equipo viene con el formato establecido.

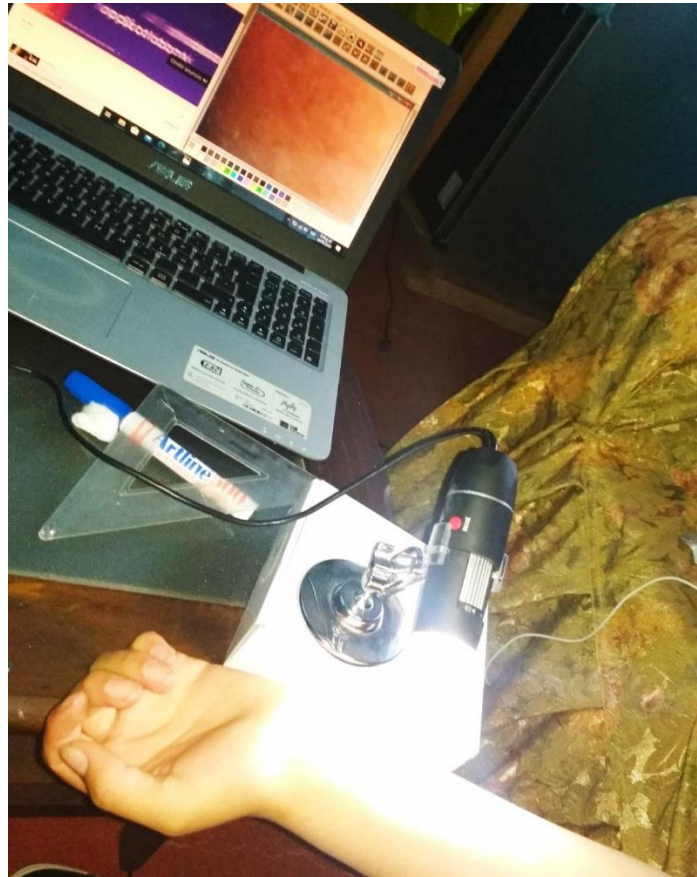
Figura 3.16: Script desarrollado y muestras del video obtenidas



Elaboración Propia

Para la preparación del sujeto se hizo una limpieza previa, se realizó con la inyección intradérmica superficial, produciéndose la simulación de una reacción alérgica en la superficie de la piel, en la Figura 3.17 se visualiza la prueba cutánea en una piel mixta, con el alérgeno expuesto y el microscopio electrónico digital.

*Figura 3.17: Tercer experimento con la prueba dérmica*



*Elaboración Propia*

La inyección de solución de agua oxigenada en una solución de 5ml con agua destilada al 6% y alcohol etílico 70° el resto, se inyectó en el plano ventral del antebrazo izquierdo, encima de la zona cubital antero lateral; se tuvo cuidado de no comprometer las venas superficiales.

### **3.9.2 Bloque Procesamiento**

El bloque de procesamiento, como motor principal de desarrollo se usó el lenguaje de programación Python, en el anterior bloque se puede ver como se extrae las muestras por medio del script desarrollado en Python. Se usó el sistema Operativo UBUNTU 18.04 LTS, además del uso del editor ATOM de código abierto para lenguaje python

Python viene por defecto en el sistema operativo UBUNTU a partir de la versión 18; sin embargo, para poder instalar las librerías se debe de instalar los paquetes:





El filtro que implementado es de **tipo Gaussiano**, este tipo de filtro pertenece al filtro paso bajo (suavizamiento), la idea es eliminar el ruido que se obtuvo en la etapa de adquisición por el microscopio digital, se evaluó cada filtro y el tipo de aproximación gaussiana se ajustó más a los requerimientos. Se eligió para la configuración de la matriz en el orden 3x3, la manipulación de los datos se da a nivel de la información de la banda de cada color RGB; en la matriz de abajo se visualiza el ejemplo.

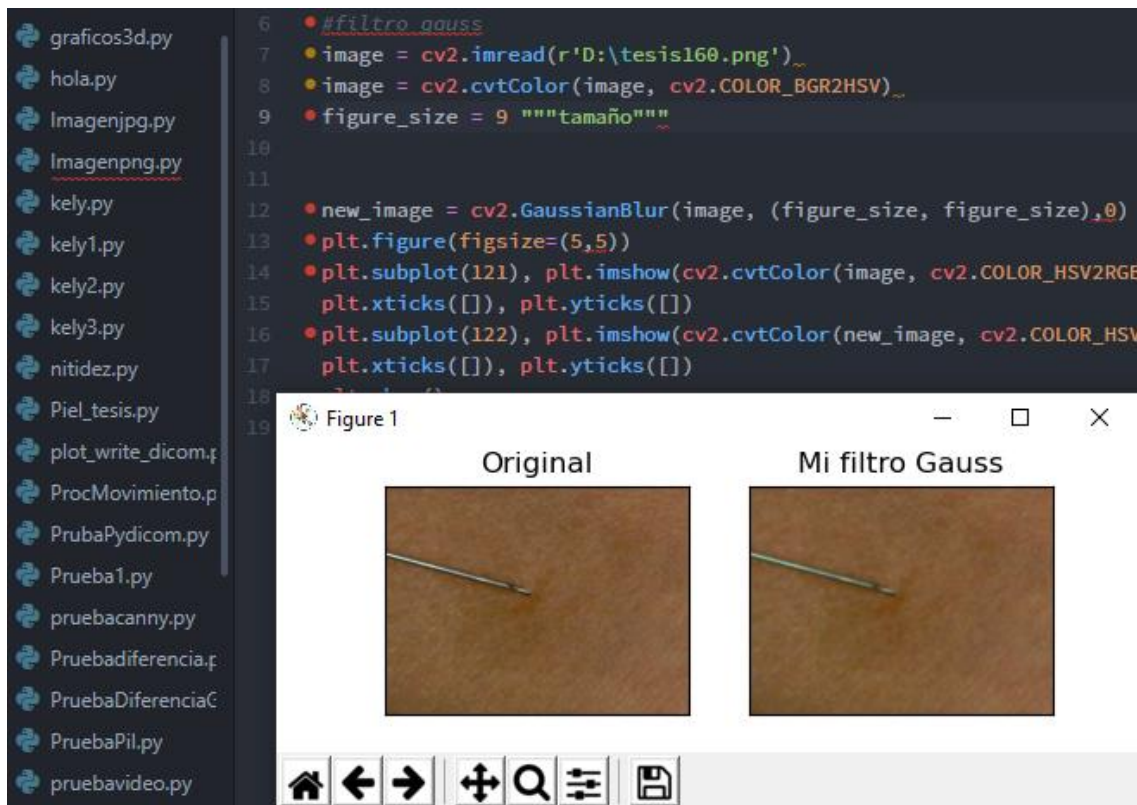
$$matriz(gauss) = \begin{pmatrix} (145,180,236) & (145,179,230) & (145,180,236) \\ (145,180,200) & (145,160,236) & (145,170,200) \\ (145,180,220) & (145,120,200) & (145,180,200) \end{pmatrix}$$

El pixel del centro (145,160,236) obtiene un valor mayor ponderado con respecto a los otros 8 pixeles. Luego se aplica a esta matriz la función de Gauss que se define en la ecuación (3.1)

$$e^{-\frac{x^2 + Y^2}{2\sigma^2}} \quad (3.1)$$

Donde  $\sigma$  representa la desviación estándar que cubre la curvatura del radio, que se aplica en la matriz 3x3, por defecto Python tiende a englobar este parámetro con valores cercanos a  $\sigma = 2.5$ ; este valor de sigma fue resuelto por ensayo y error, esto quiere decir probando con valores límite de min/máx. para que se obtenga un valor adecuado, debido a que la naturaleza de la imagen será muy diferente para oro tipo de prueba experimental incluso en las mismas condiciones; con esto elimina ruidos y granulados suavizando los efectos, lo que permite no perder tanta nitidez y dando prevalencia a los bordes en los valores de sigma, lo que se busca para poder hacer el procesamiento de pixeles. En la Figura 3.20 se aplica el diseño gaussiano en el siguiente algoritmo. Se puede notar que se usa el formato HSV (matriz, saturación, valor), que permite modelar el tipo de color, el cual se usa para el procesamiento digital por saturación

Figura 3.20: Filtro Gaussiano de una muestra



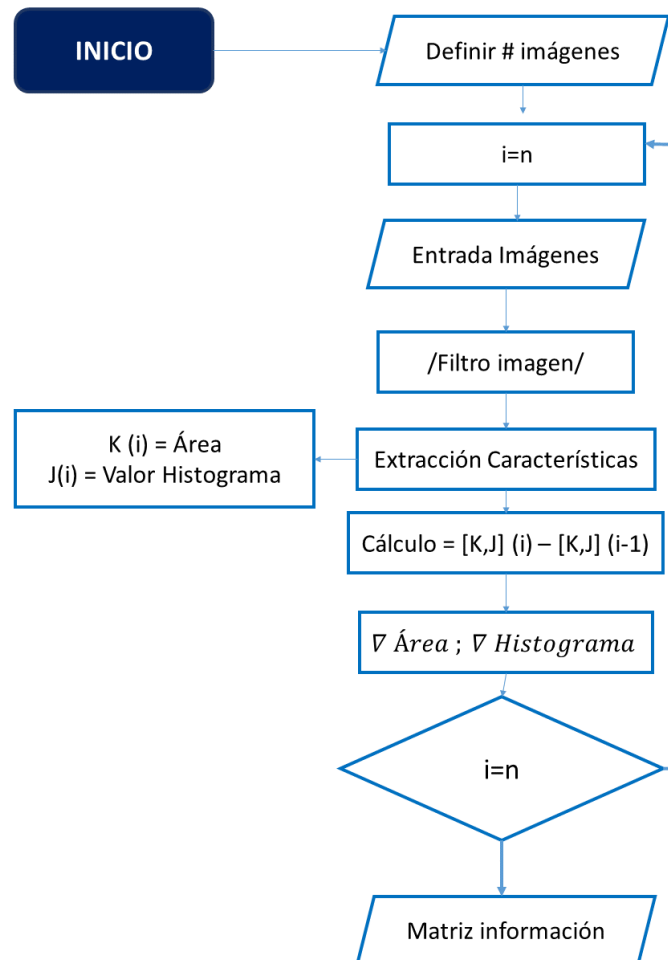
*Elaboración Propia*

El algoritmo usado luego del pre procesamiento que está conformado por el filtro gaussiano, es el de por comparación que se ha sido de diseño propio, consiste en realizar una diferencia de imágenes secuenciales, para obtener el sesgo o cambio en la información de cada pixel, esta tupla con la información tanto de color RGB, permite medir la diferencia del mismo pixel en cada imagen, a la que se le aplica la operación algebraica, y teniendo de ese modo el cambio de pixel, y el cambio de desviación de color en cada tupla con respecto a la imagen en conjunto,

Para el diseño del algoritmo se basó en la rutina de adquirir imágenes, para luego aplicar algoritmos de procesamiento, los cuales adecuan y extraen características que se puedan usar para el análisis de las muestras (imágenes); en la Figura 3.21 se puede visualizar la rutina principal, con la que se elaboró el código de programación, para iniciar se debe ingresar el ítem de número de imágenes; esto conforma el pac de las imágenes;

para luego aplicar la adecuación y extracción de características de las muestras, y ser almacenadas en una tabla, luego de obtener los datos de las imágenes, se procede a utilizar la matriz de información, que contiene las características que servirán para el análisis

Figura 3.21: Diagrama de Flujo del bloque de procesamiento



*Elaboración Propia*

En la Figura 3.22 el código implementado, basado en el diagrama de flujo; se debe mencionar que para los experimentos 1 y 2; no se usó el filtro diseñado, debido a que los datos que arrojan las muestras, son ideales en la simulación; lo que difiere con la prueba experimental. Las líneas resaltadas verticalmente indican, que el primero son las variables de entrada, las imágenes se convierten a matrices de datos, el tiempo de intervalo se coloca también, en las últimas líneas resaltadas es el algoritmo de obtención matriz de

información; lo conforman, la matriz de áreas, histogramas con la matriz de valor promedio (media) y el valor de desviación estándar (desviación).

Figura 3.22: Código desarrollado en ATOM

```
1 #Código_Procesamiento_Imágenes_Epicutomeas
2
3 import numpy as np
4 import cv2
5 import statistics as stats
6 from matplotlib import pyplot as plt
7
8 def variables():
9     {
10     * img = data.array()
11     * area= img.array()
12     * media= img.stats()
13     }
14
15 * n=11; #numero_de_imágenes
16
17 * img_ = cv2.imread(r'D:\Pruebas\Piel_0.png')
18 img1 = cv2.imread(r'D:\Pruebas\Piel_1.png')
19 img2 = cv2.imread(r'D:\Pruebas\Piel_2.png')
20 img3 = cv2.imread(r'D:\Pruebas\Piel_3.png')
21 img4 = cv2.imread(r'D:\Pruebas\Piel_4.png')
22 img5 = cv2.imread(r'D:\Pruebas\Piel_5.png')
23 img6 = cv2.imread(r'D:\Pruebas\Piel_6.png')
24 img7 = cv2.imread(r'D:\Pruebas\Piel_7.png')
25 img8 = cv2.imread(r'D:\Pruebas\Piel_8.png')
26 img9 = cv2.imread(r'D:\Pruebas\Piel_9.png')
27 * img10= cv2.imread(r'D:\Pruebas\Piel_10.png')
28
29 print("Matrices de Información de muestras de Imágenes")
30 print("Matriz Variación de Áreas")
31 print("Píxeles variación")
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71 * desviacion5=lista5.std()
72 * lista6=np.array(img6)
73 * media6=lista6.mean()
74 * varianza6=lista6.var()
75 * desviacion6=lista6.std()
76 * lista7=np.array(img7)
77 * media7=lista7.mean()
78 * varianza7=lista7.var()
79 * desviacion7=lista7.std()
80 * lista8=np.array(img8)
81 * media8=lista8.mean()
82 * varianza8=lista8.var()
83 * desviacion8=lista8.std()
84 * lista9=np.array(img9)
85 * media9=lista9.mean()
86 * varianza9=lista9.var()
87 * desviacion9=lista9.std()
88 * lista10=np.array(img10)
89 * media10=lista10.mean()
90 * varianza10=lista10.var()
91 * desviacion10=lista10.std()
92
93 * media=(media0,media1,media2,media3,media4,media5,media6,media7,media8,media9,media10)
94
95 * desviacion=(desviacion0,desviacion1,desviacion2,desviacion3,desviacion4,desviacion5,desviacion6,desviacion7,desviacion8,desviacion9,desviacion10)
96
97 * matrizm=[round(media0,2),round(media1,2),round(media2,2),round(media3,2),round(media4,2),round(media5,2),round(media6,2),round(media7,2),round(media8,2),round(media9,2),round(media10,2)]
98 * print("Matriz de medias :",matrizm)
99 * matrizd=[round(desviacion0,2),round(desviacion1,2),round(desviacion2,2),round(desviacion3,2),round(desviacion4,2),round(desviacion5,2),round(desviacion6,2),round(desviacion7,2),round(desviacion8,2),round(desviacion9,2),round(desviacion10,2)]
100 * print("Matriz de desviación:",matrizd)
101
```

### Elaboración Propia

La metodología de la extracción de imágenes, está en la relación que existirá entre la variación del área, variación del color, y el tiempo con lo que ocurre cada reacción, en la Figura 3.23, se visualiza la ejecución parcial del código, el procesamiento se realiza a través del valor de cada píxel, que se expresa en una tupla, la matriz de [(145,180,236) ...] corresponde a todos los valores que posee la imagen, el valor de esta matriz no es más que a los espacios de color, esta es una forma de representar los canales de color, es por eso que la imagen tiene ese matiz particular. El espacio de color usado es RGB, que describe un color en la tupla de tres componentes. Cada componente puede tomar un valor entre 0 y 255



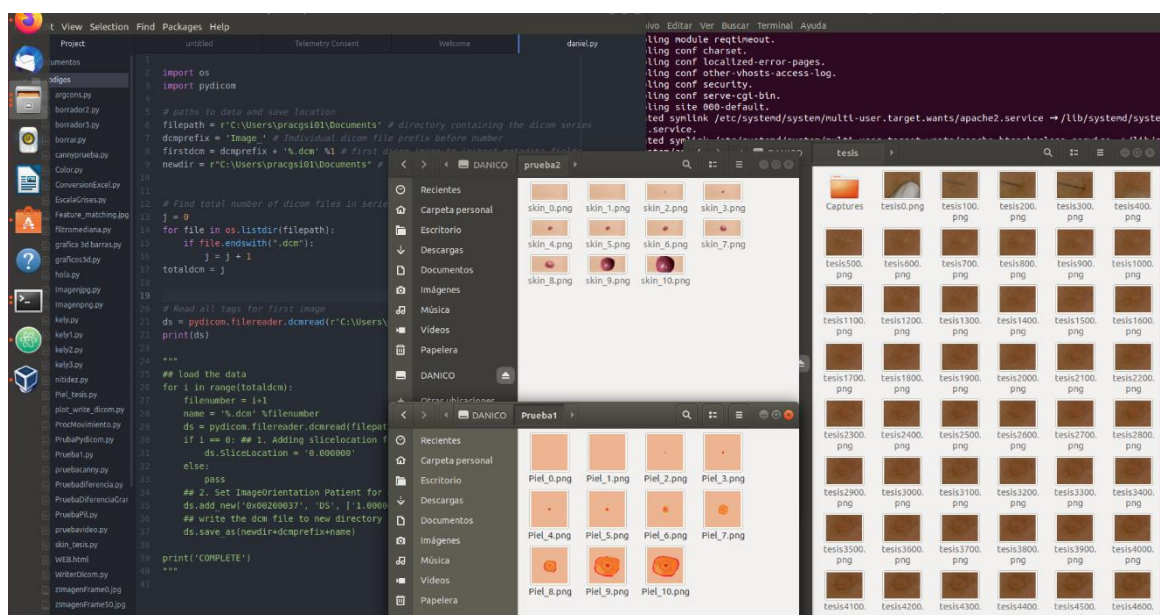
Figura 3.23: Tuplas de la matriz de la muestra del experimento 1

```
2 Matrices de Información de muestras de Imágenes
3 Matriz Variación de áreas
4 Pixeles variación
5 Area_ = [0, 27, 75, 108, 147, 543, 1284, 2282, 7791, 8170] pixeles c
6 [[145 180 236]
7 [145 180 236]
8 [145 180 236]
9 ...
10 [145 180 236]
11 [145 180 236]
12 [145 180 236]
13 ...
14 [[145 180 236]
15 [145 180 236]
16 [145 180 236]
17 ...
18 [145 180 236]
19 [145 180 236]
20 [145 180 236]
21 ...
22 [[145 180 236]
23 [145 180 236]
24 [145 180 236]
25 ...
26 [145 180 236]]] la media es... 186.9196 varianza es... 1404.787
27 Matriz de medias : [186.92, 186.92, 186.85, 186.72, 186.66, 186.58,
28 Matriz de desviación: [37.48, 37.48, 37.62, 37.91, 38.01, 38.13, 39
29 [Finished in 3.945s]
```

Elaboración Propia

Los tres experimentos con sus muestras (Figura 3.24) y el algoritmo de Python, para procesar las muestras, dentro del código esta englobado todos los bloques del sistema, excepto el de visualización y enlace con el servidor de almacenamiento DICOM.

Figura 3.24: Muestras de los tres experimentos y el código de procesamiento



Elaboración propia

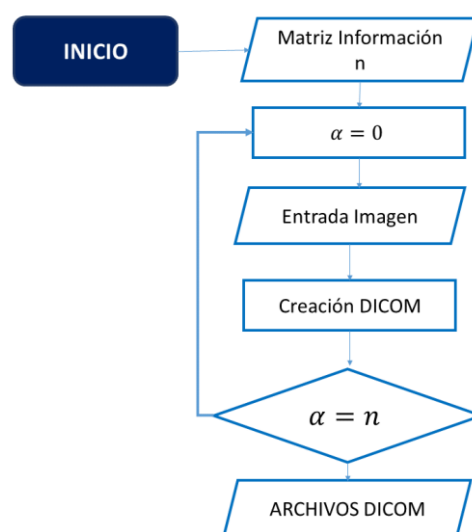
Para la creación del formato DICOM, se usó de base la estructura de un archivo DICOM de una radiografía, extrayendo a modo de diccionario el contenido, se hizo las modificaciones con la información de las imágenes procesadas y agregando los resultados analizados que se extrajeron en este bloque de procesamiento, tanto en variación de área y variación de histograma (desviación de color), que es colocado en la Matriz de información que se acoplará al nuevo archivo DICOM creado en la etapa de Visualización

### 3.9.3 Bloque de Visualización:

#### 3.9.3.1 Formato DICOM:

En este bloque se convierte las imágenes y se introduce la información al formato DICOM, contiene los metadatos que son generados normalmente, por los equipos biomédicos, en este trabajo de tesis, el equipo biomédico Microscopio Electrónico Digital USB, no posee un firmware para poder generar las imágenes en formato DICOM, por lo que se desarrolló un script para la conversión, para eso se siguió el diagrama de flujo diseñado en la Figura 3.25:

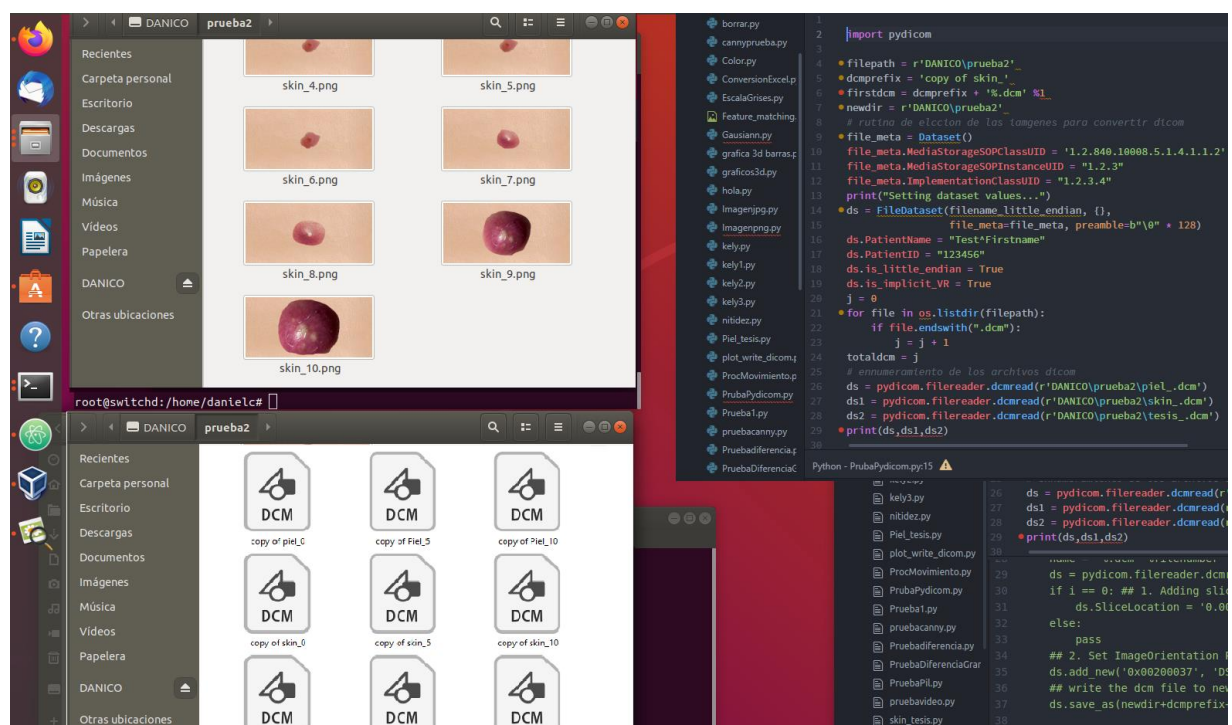
Figura 3.25: Diagrama de flujo para la creación del formato DICOM



*Elaboración Propia*

En la Figura 3.26, se presenta el código, con el que se obtiene el formato DICOM, sin embargo, el identificador de objeto (OID) contienen la información por defecto del equipo biomédico, en esta tesis se creó 4 OID para poner la información adquirida en el procesamiento de imágenes; esta en el grupo 0002, y los elementos 0004,0005,0006,0007; con el formato CS (chain string), que es el tipo de dato.

Figura 3.26 Código para la generación formato DICOM en extensión .dcm

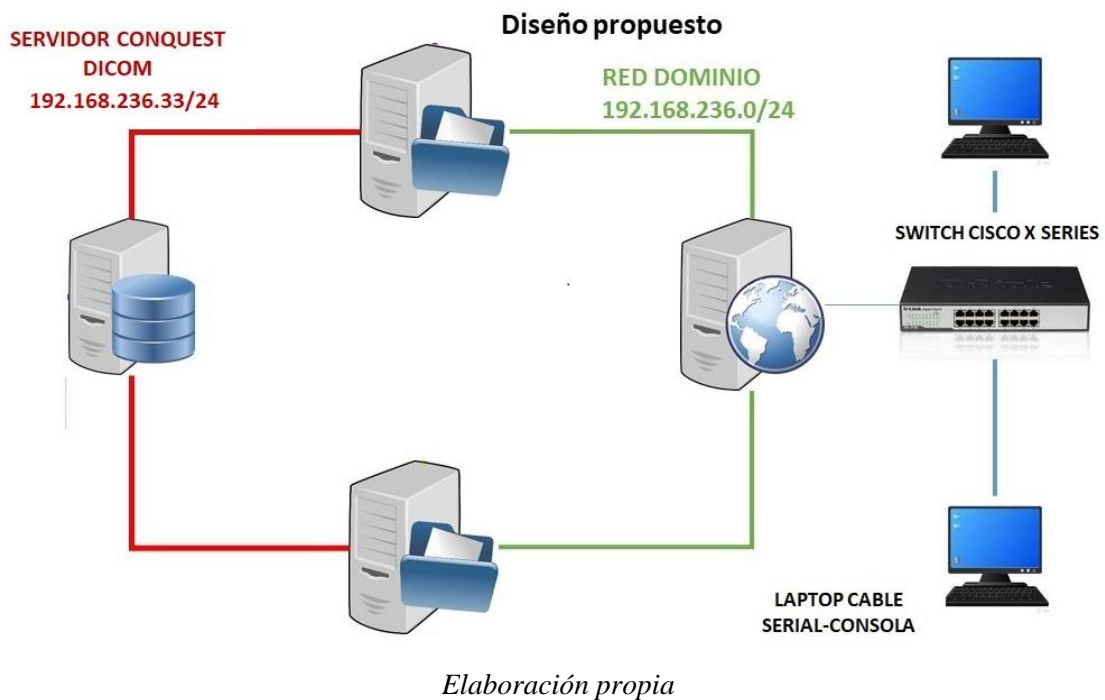


Elaboración Propia

### 3.9.3.2. Implementación física:

Para simular la red interna de un hospital, o la publicación por servidor web, se implementó el servidor DICOM; en la Figura 3.27 se puede apreciar la topología de red que se implementó; la red de dominio cuenta con 3 servidores que forman una red de dominio local, que están conectadas por TCP/IP mediante el switch 2960.

Figura 3.27: Topología de la red local implementada



En la Figura 3.27 se observa los equipos físicos de la red, el switch 2960, que está conectado por consola a la laptop, y también conectada a las máquinas físicas donde se instaló el servidor Conquest-dicom en UBUNTU y la maquina física que alberga los servidores virtuales en Windows, como se aprecia en la Figura 3.28; para la creación del dominio local se implementó en Windows Server 2012R, se creó el dominio “**ad.daniel.com**” que se visualiza en la Figura 3.29; con la configuración de ip del diseño propuesto; no se detalla el proceso de instalación debido a que no es el objetivo de la tesis profundizar en el tema de conexiones y configuraciones de servidores Windows

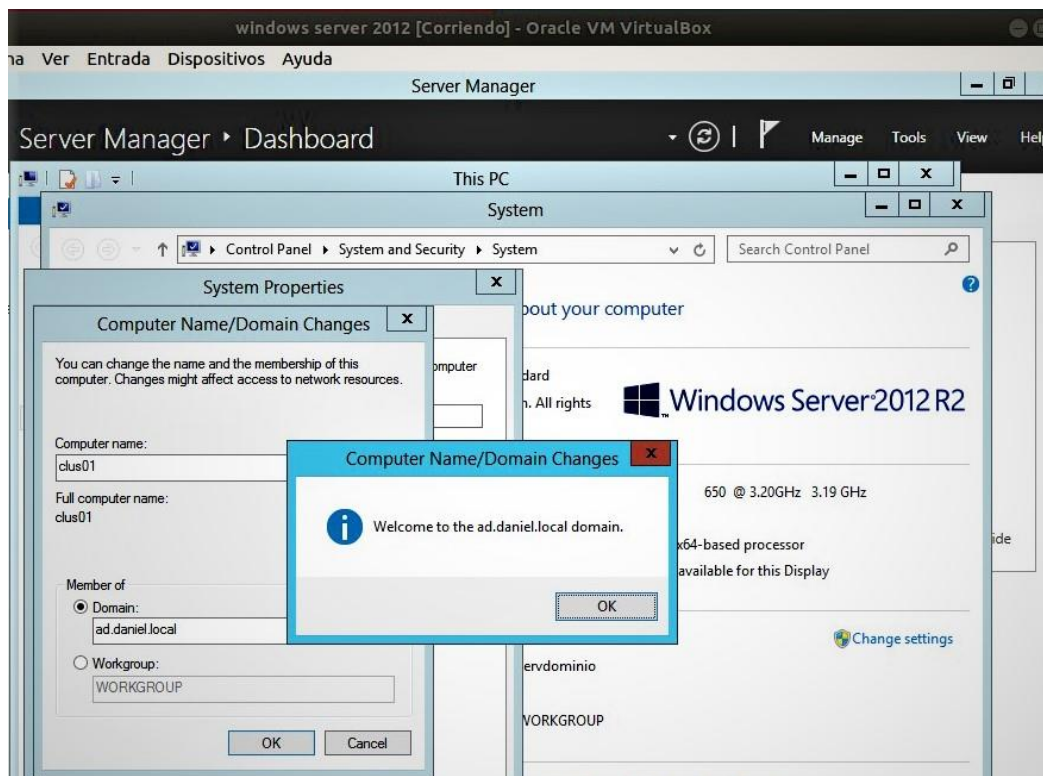


Figura 3.28: Topología física de la red implementada



Elaboración Propia

Figura 3.29: Creación del dominio



Elaboración Propia

La configuración del switch 2960 se ve en la Figura 3.30, se realizó las conexiones de red y la programación por consola (cable serial – usb). Se creó la VLAN01

con puerta de enlace 192.168.236.1; se tuvo cuidado de poner la velocidad de intercambio a giga Ethernet. Y se conectó los servidores, y el equipo con Windows que simula el cliente

Figura 3.30: Configuración de la VLAN para la red

```
Switch#configure terminal
Switch#vlan internal allocation policy ascending
Switch#interface FastEthernet0
Switch#no ip address
Switch#interface GigabitEthernet1/0/1
Switch#interface GigabitEthernet1/0/2
Switch#interface GigabitEthernet1/0/3
Switch#interface GigabitEthernet1/0/4
Switch#interface GigabitEthernet1/0/5
Switch#interface GigabitEthernet1/0/6
Switch#interface GigabitEthernet1/0/7
Switch#interface GigabitEthernet1/0/8
Switch#interface GigabitEthernet1/0/9
Switch#interface GigabitEthernet1/0/10
Switch#interface GigabitEthernet1/0/11
Switch#interface GigabitEthernet1/0/12
Switch#interface GigabitEthernet1/0/13
Switch#interface GigabitEthernet1/0/14
Switch#interface GigabitEthernet1/0/15
Switch#interface GigabitEthernet1/0/16

Switch#vlan 1
Switch#name LAN
Switch#switchport access vlan 1
Switch#switchport mode access
Switch#spanning-tree portfast
Warning: portfast should only be enabled on ports connected to a single
host. Connecting hubs, concentrators, switches, bridges, etc... to this
interface when portfast is enabled, can cause temporary bridging loops.
Use with CAUTION.
Switch#

Switch#show monitor detail
Type : Local Session
Description :
Source Ports :
  RX Only : None
  TX Only : None
  Both : G1/0/1
Source VLANs :
  RX Only : None
  TX Only : None
  Both : None
Source RSPAN VLAN : None
Destination Ports : G1/0/2
Encapsulation : Native
Trunks : Disabled
Filter VLANs : None
Dest RSPAN VLAN : None
```

Elaboración propia

### 3.9.3.3. Instalación y configuración Servidor Conquest DICOM

Para realizar la instalación se debe de instalar el sistema operativo UBUNTU 18.04.0 LTS, se puede descargar el instalador de <http://old-releases.ubuntu.com/releases/18.04.0/> es necesario, habilitar en la configuración BIOS, la opción de virtualización VT-x, luego de instalar y configurar el sistema operativos, procedemos a descargar los paquetes para el servidor CONQUEST DICOM.

Los requisitos que tiene cada máquina que alberga los servidores tiene 4 gigas de RAM, 60 gigas de memoria ROM, 2 procesadores de núcleo; dos interfaces de red-ethernet; para que el servidor DICOM se comunique con los otros servidores se instaló el SERVER WEB APACHE (los pasos de instalación están en



<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/como-instalar-el-servidor-web-apache-en-ubuntu-18-04-es>. (Ellingwood & Kathleen Juell, 2018)

```
sudo apt install apache2
sudo ufw allow 'Apache'
sudo systemctl status apache2
```

En la salida debe aparecer, se pone en modo activo y se verifica los puertos que deben estar habilitados para que no tenga restricciones las publicaciones

```
apache2.service - The Apache HTTP Server - danielc
  Loaded: loaded (/lib/systemd/system/apache2.service; enabled; vendor
  preset: enabled)
  Drop-In: /lib/systemd/system/apache2.service.d
  └─apache2-systemd.conf
  Active: active (running) since Tue 2020-01-14 20:14:39 UTC; 9min ago
  Main PID: 3000 (apache2)
  Tasks: 45 (limit: 2003)
  CGroup: /system.slice/apache2.service
  └─3000 /usr/sbin/apache2 -k start
  └─585 /usr/sbin/apache2 -k start
  └─2586 /usr/sbin/apache2 -k start
```

Para la gestión de datos y la pequeña base de datos que se armó, instalamos MYSQL, los pasos de instalación y configuración están en <https://www.digitalocean.com/community/tutorials/como-instalar-mysql-en-ubuntu-18-04-es> solo debemos poner en la consola (Drake, 2019)

```
sudo apt install mysql-server
sudo mysql_secure_installation
```

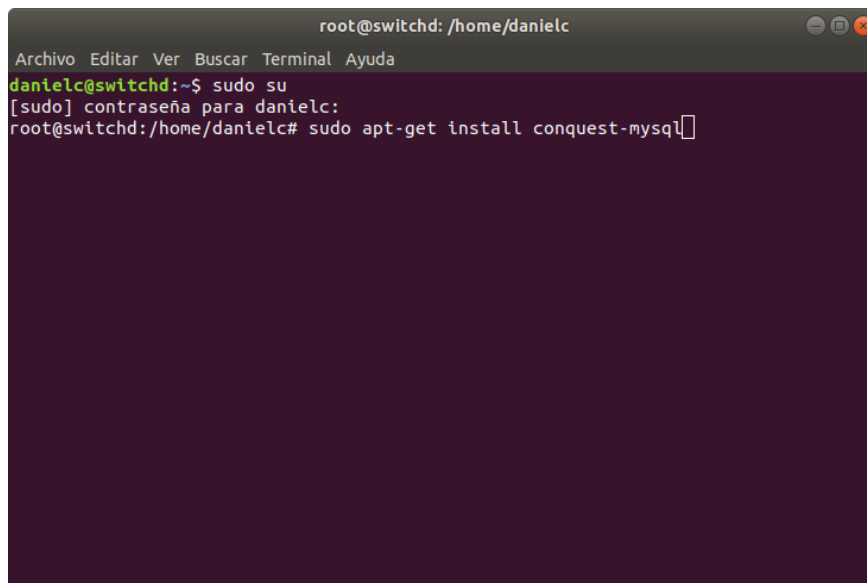
Para probar si siguió la instalación correcta debe salir el mensaje:

```
mysql.service - MySQL Community Server - danielc
  Loaded: loaded (/lib/systemd/system/mysql.service; enabled; vendor preset: en
  Active: active (running) since Wed 2020-01-13 21:21:25 UTC; 10min ago
  Main PID: 3752 (mysqld)
  Tasks: 20
  Memory: 300.3M
  CPU: 2.4s
  CGroup: /system.slice/mysql.service
  └─3154 /usr/sbin/mysqld
```

Ahora la instalación de SAMBA para compartir los archivos de almacenamiento,

y poder compartir los archivos DICOM entre servidores, se siguió los pasos de <https://comoinstalar.me/como-instalar-samba-en-ubuntu-18-04-lts/>. Se puede ver la instalación en la Figura 3.31 en la terminal consola. Luego se procedió a instalar el servidor DICOM, el servidor FREE Conquest permite, generar las tablas de MYSQL en una configuración de pequeños arreglos, por lo que no es necesario crear tablas de datos, ya que el objetivo de esta tesis es tener una interfaz para mostrar las imágenes. La ventaja del servidor Conquest DICOM, está en el uso de minipacs, que permiten ver las cabeceras de los archivos DICOM, cuenta también con una base de datos integrado, para la interfaz WEB cuenta con una GATEWAY de interface común, por lo que APACHE, simplemente realiza la conexión con el front-end a la hora de publicar. (Kennedy, 2020)

*Figura 3.31 Instalación de Conquest - DICOM*



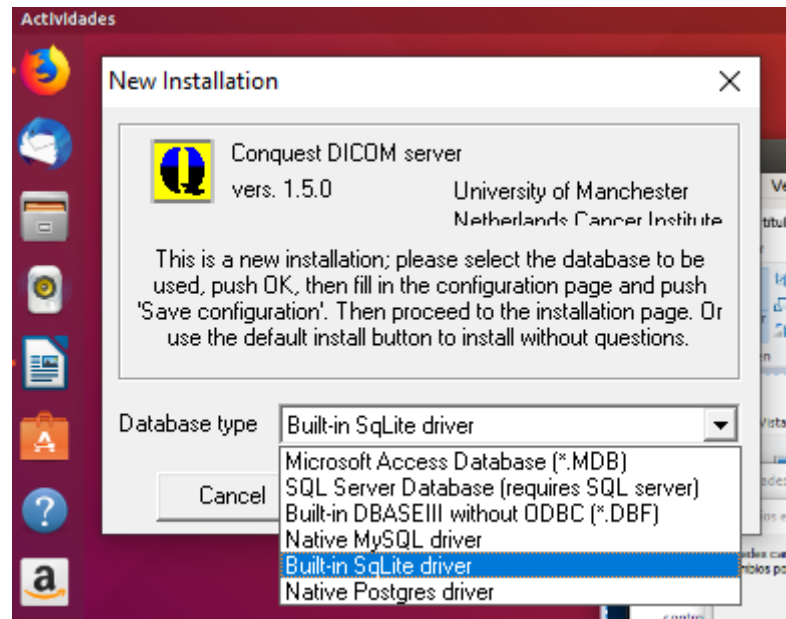
```
root@switchd: /home/danielc
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
danielc@switchd:~$ sudo su
[sudo] contraseña para danielc:
root@switchd:/home/danielc# sudo apt-get install conquest-mysql
```

*Elaboración propia*

Para la instalación del servidor DICOM Conquest, se debe de habilitar la función de Mysql para conectar con la tabla. Los datos de la imagen formarán la única tabla. Se puede visualizar en la Figura 3.32, las opciones de la base de datos, se eligió el SQLite, debido a la compatibilidad con MYSQL en modo conector por medio de “smb” (protocolo que usa Samba)



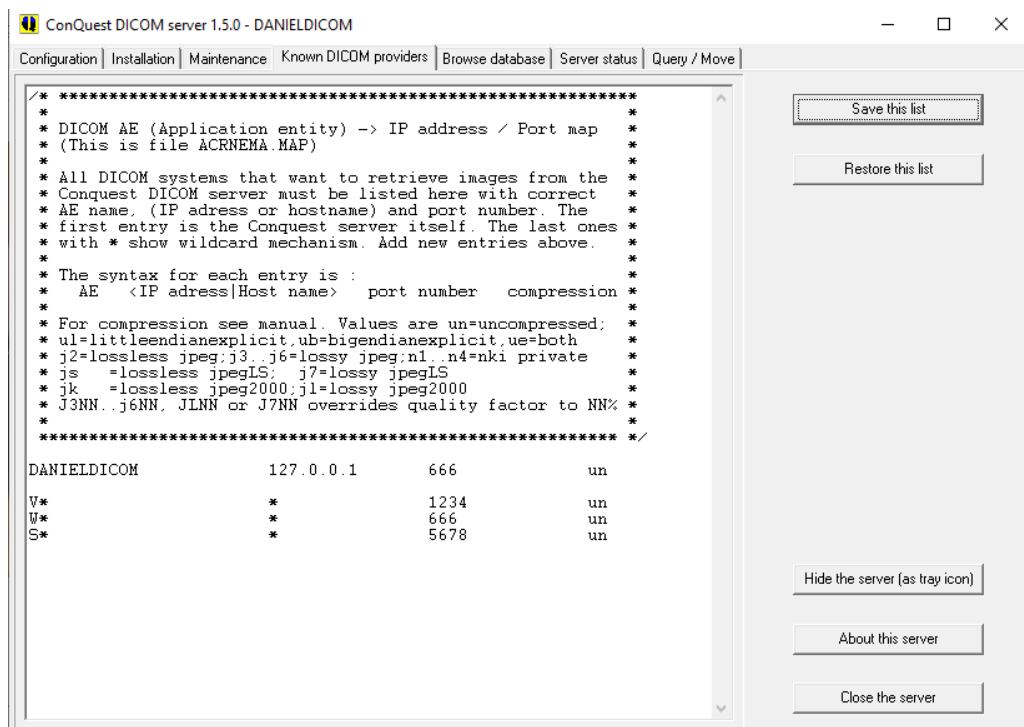
Figura 3.32: Instalación del Servidor DICOM



Elaboración Propia

Debemos configurar el puerto de publicación del servidor, elegimos el número 666; como nombre del servidor DANIELDICOM, y ip de enlace por prueba de esta red local, ponemos el hostlocal 127.0.0.1; como se aprecia en la Figura 3.33:

Figura 3.33: Configuración del servidor DICOM



Elaboración Propia

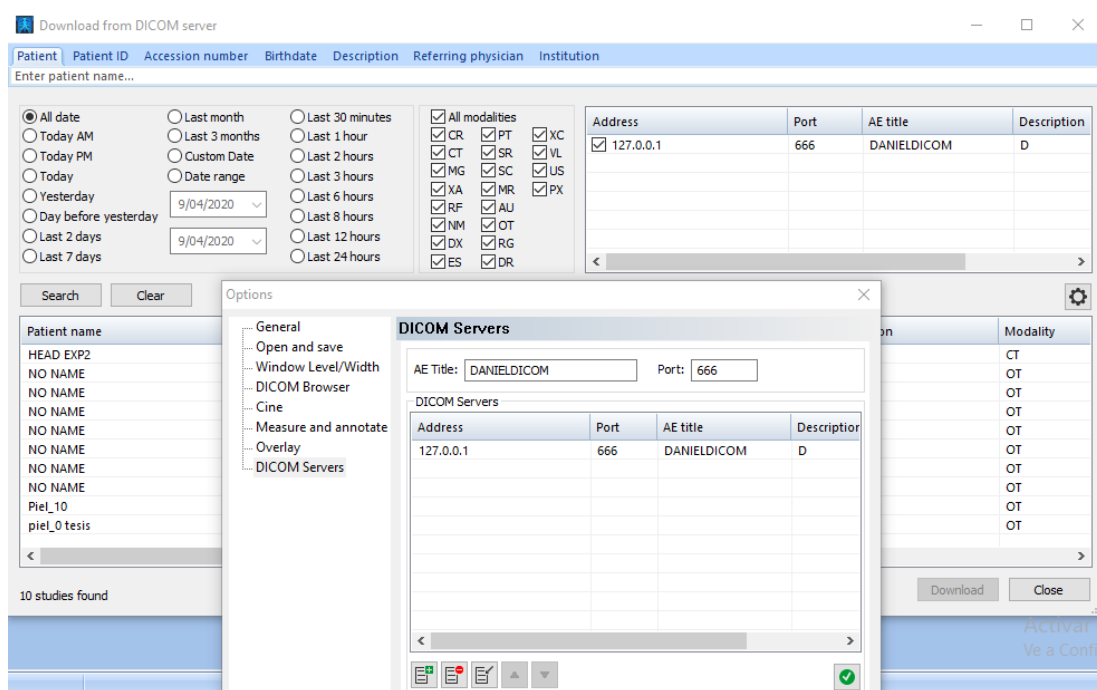
Para la conexión desde Python, con mysql conector, se hace mediante la librería conector, y el protocolo SAMBA, lo que convierte la tabla de datos, como un fichero de almacenamiento, no es el objetivo de esta tesis, tener tablas que simularían un registro especializado y complejo como lo de los hospitales, simplemente se usa una carpeta con imágenes DICOM, para publicarlos como una base entera.

### 3.9.3.4 Interfaz de Visualización

Para la visualización de los archivos DICOM, se hace necesario la conexión con el servidor DICOM, para ello se hizo la prueba de dos formas:

En la Figura 3.34, se puede visualizar la aplicación Microdicom Viewer, que permite visualizar archivos DICOM, para conectar con el servidor Conquest Dicom, se debe poner el nombre del servidor (DANIELDICOM), la ip (127.0.0.1) que alberga el servidor, y el puerto de comunicación (666). Luego de conectar, Microdicom Viewer permite buscar por nombre de paciente, número de ID, por fecha o estudio clínico

Figura 3.34: Conexión con la aplicación Microdicom Viewer (64bits)



*Elaboración Propia*



La interfaz WEB, que publica el servidor Conquest DICOM; debe configurarse para conectar en otro equipo, solo se debe de poner la dirección IP (192.168.236.33), que es la IP de la máquina que alberga el servidor DICOM, luego se pone los “:” y el número del puerto (666), para poder ver lo que está publicando el servidor.

### **3.10 Tratamiento de los datos y Planteamiento de Validación**

#### **Experimento 1**

Se crea 11 imágenes en base a una imagen de cultivo de piel, se extrae con el software Photoshop las características de pixeles, en una tabla los valores de Variación de pixeles y Variación de color, luego se procesa las imágenes creadas por el algoritmo de procesamiento desarrollado, que arroja en una tabla los valores de Variación de pixeles y Variación de color, con los datos se aplica la prueba de diferencia de medias para obtener el porcentaje de diferencia entre las mediciones obtenidas por el algoritmo de procesamiento y el software Photoshop.

#### **Experimento 2**

Se crea 11 imágenes en base a una imagen mixta real, se extrae con el software Photoshop las características de pixeles, en una tabla los valores de Variación de pixeles y Variación de color, luego se procesa las imágenes creadas por el algoritmo de procesamiento desarrollado, que arroja en una tabla los valores de Variación de pixeles y Variación de color, con los datos se aplica la prueba de diferencia de medias para obtener el porcentaje de diferencia entre las mediciones obtenidas por el algoritmo de procesamiento y el software Photoshop.

#### **Experimento 3**

En esta prueba experimental, se extrae 11 imágenes del video recuperado del microscopio electrónico digital USB, con el software de Photoshop se extrae las



características de pixeles, en una tabla los valores de Variación de pixeles y Variación de color, éstas imágenes también son procesadas por el algoritmo de procesamiento desarrollado, que arroja en una tabla los valores de Variación de pixeles y Variación de color, con los datos se aplica la prueba de diferencia de medias para obtener el porcentaje de diferencia entre las mediciones obtenidas por el algoritmo de procesamiento y el software Photoshop. Para la validación se realiza la prueba T de Student para buscar comprobar las hipótesis planteadas, buscando determinar diferencias significativas entre los datos obtenidos con el algoritmo de procesamiento desarrollado.

### 3.11 Matriz de consistencia

En la tabla 3.2 se muestra el objetivo y la matriz de consistencia para este proyecto de investigación

Tabla 3.2: Matriz de Consistencia de variable independiente y dependiente

VARIABLE	Definición conceptual	Indicadores	Unidad de Medida
Variables Independientes	Variación de Área: Es una medida que mide la diferencia de área/píxeles entre dos imágenes, en una reacción alérgica existe un cambio en la morfología de la piel, el absceso y/o inflamación, este es el síntoma principal de si el paciente es alérgico o no	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Variación de área tomada por el software Photoshop</li> <li>➤ Variación de área tomada por el algoritmo de procesamiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Área de variación (<math>\Delta</math> píxeles)</li> <li>➤ Área de variación (<math>\Delta</math> píxeles)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Área de Variación</li> <li>➤ Histograma de Variación</li> </ul>	Variación de Color: Es una medida que mide la diferencia de color en las bandas RGB de dos imágenes, por medio de una representación de histogramas de color, en una reacción alérgica el síntoma secundario es el cambio de matiz de la piel	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Variación de color tomada por el software photoshop</li> <li>➤ Variación de color tomada por el algoritmo de procesamiento</li> </ul>
Variable dependiente	Diferencia Significativa:	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diferencia en la medición realizada por el algoritmo de procesamiento y el software photoshop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ si o no</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diferencia Significativa</li> </ul>			

*Elaboración Propia*

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 RESULTADOS ETAPA DE ADQUISICIÓN:

Para tener la ecuación de área y distancia, calculamos dos mediciones con distancia y área, la primera medición (8.5, 1.35) y la segunda medición (19,9.8), por especificaciones del equipo esta aproximado a la ecuación canónica de la recta (4.1)

$$\frac{x - x_a}{x_b - x_a} = \frac{y - y_a}{y_b - y_a} \quad (4.1)$$

Reemplazando los datos de las mediciones, obtenemos la ecuación de la recta para el microscopio electrónico digital, en la ecuación (4.2)

$$\frac{x - 8.5}{19 - 8.5} = \frac{y - 1.35}{9.8 - 1.35}$$

$$y = 0.805x - 5.491$$

(4.2)

En la prueba experimental se hizo a una distancia de 16 cm, por lo que el área que le corresponde es  $7.389 \text{ cm}^2 \approx 7.4 \text{ cm}^2 \approx 740 \text{ mm}^2$

#### 4.2. RESULTADOS ETAPA DE PROCESAMIENTO Y VALIDACIÓN

Para la obtención de las características de las imágenes (muestras) se usa el algoritmo de procesamiento desarrollado en Python, las tablas con los datos se muestran en el ANEXO 1, que corresponde a la extracción de las características de las imágenes, en la Tabla 4.1 se detalla el tiempo de muestreo de cada experimento.

Tabla 4.1: Parámetros de los experimentos

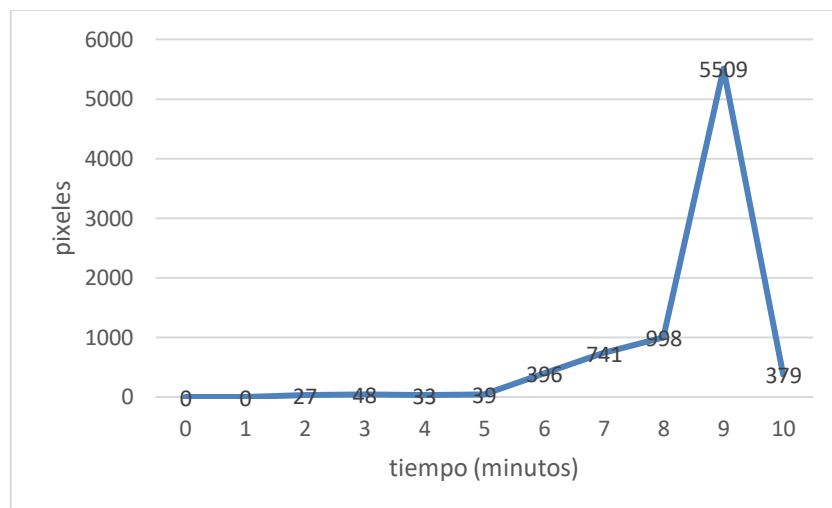
	Tiempo de Muestreo	Resolución (píxeles)	Área (mm <sup>2</sup> )	pixel/área
Experimento 1	1 minuto	100x100	10000	1 pixel/ mm <sup>2</sup>
Experimento 2	2 minutos	400x800	320000	1 pixel/mm <sup>2</sup>
Experimento 3	15 segundos	480x640	740	415,14 pixel/mm <sup>2</sup>

Elaboración Propia

#### 4.2.1 Resultados del procesamiento de muestras del experimento 1

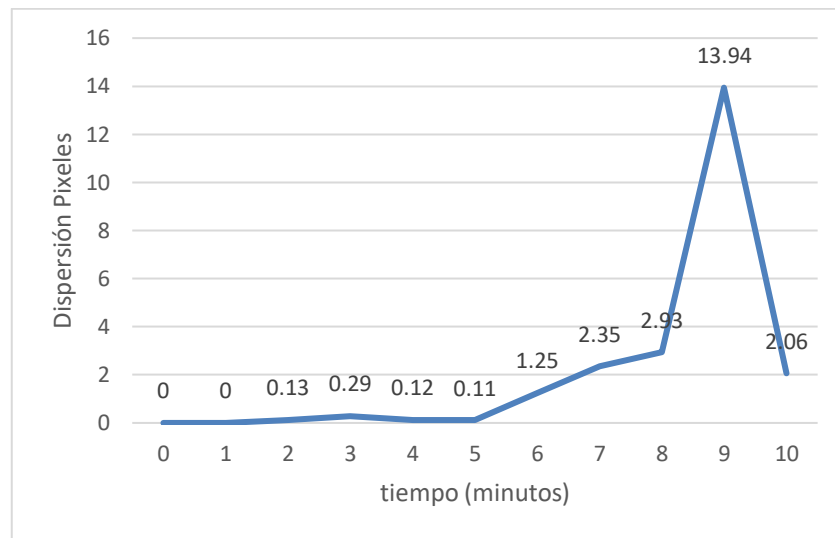
En la Figura 4.1 y 4.2 se muestra los datos de procesamiento de las muestras obtenidas por el algoritmo de procesamiento del experimento N°1

Figura 4.1: Datos de la variación de área obtenidos por el algoritmo del experimento 1



Elaboración Propia

Figura 4.2: Datos de la variación de dispersión de color obtenidos por el algoritmo del experimento 1

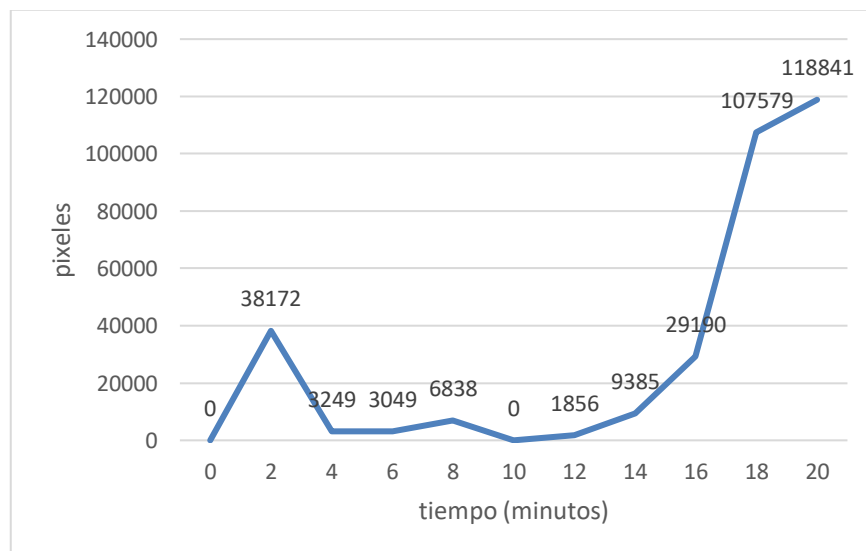


Elaboración Propia

#### 4.2.2 Resultados del procesamiento de muestras del experimento 2

En la Figura 4.3 y 4.4 se muestra los datos de procesamiento de las muestras obtenidas por el algoritmo de procesamiento del experimento N°2

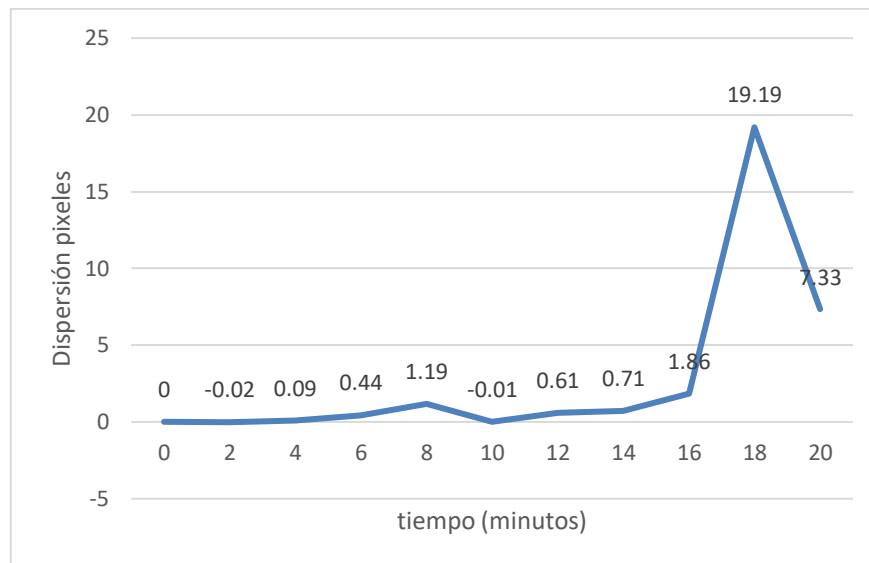
Figura 4.3: Datos de la variación de área obtenidos por el algoritmo del experimento 2



Elaboración Propia



Figura 4.4: Datos de la variación de dispersión de color obtenidos por el algoritmo del experimento 2

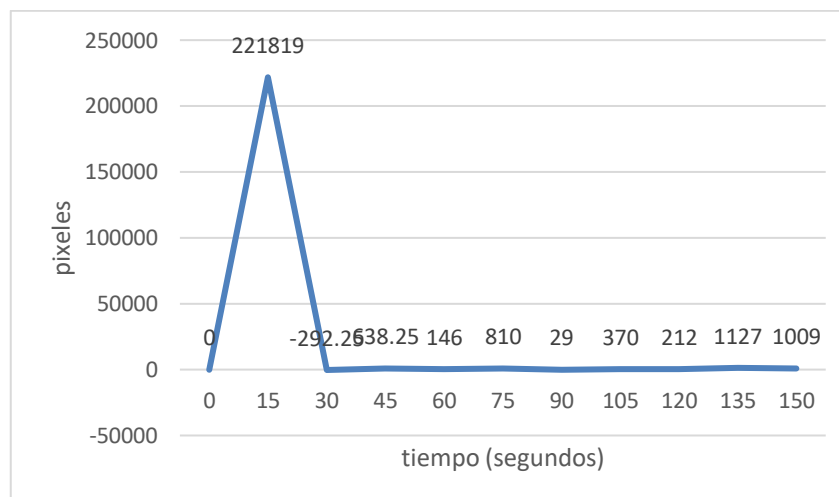


Elaboración Propia

### 4.2.3 Resultados del procesamiento de muestras del experimento 3

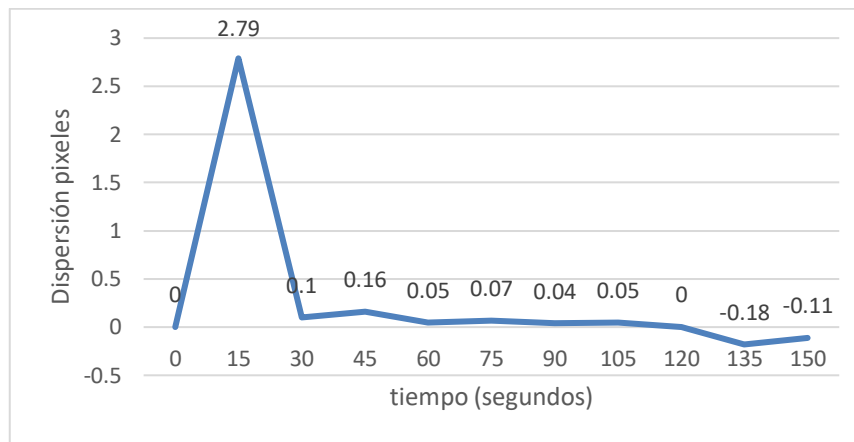
En la Figura 4.5 y 4.6 se muestra los datos de procesamiento de las muestras obtenidas por el algoritmo de procesamiento del experimento N°3

Figura 4.5: Datos de la variación de área obtenidos por el algoritmo del experimento 3



Elaboración Propia

Figura 4.6: Datos de la variación de dispersión de color obtenidos por el algoritmo del experimento 3



Elaboración Propia

Para validar los resultados de variación de área y variación de dispersión de color obtenido por el algoritmo de procesamiento, se hace la comparación con los resultados obtenidos por el software Photoshop. Los datos obtenidos tanto del procesamiento por el algoritmo desarrollado y el software están adjuntados en el ANEXO 1

### 4.3 Resultados de las pruebas de diferencia de medias

#### 4.3.1 Prueba de diferencia de medias del experimento N°1

Los datos usados para la prueba de diferencia y la validación con las hipótesis corresponden a la variación del área y dispersión de color, que son 10 datos obtenidos del experimento 1, y se procesaron para calcular la media de variación de área ( $\bar{x}_i$ ), la media de variación de dispersión de color ( $\bar{x}_j$ ), y el tamaño de la muestra ( $n$ ) del ANEXO 1 obtenidos por el algoritmo de procesamiento y el software, la Tabla 4.2 muestra los datos obtenidos:

Tabla 4.2: Media de variación de área; y media de variación de dispersión de color y tamaño de la muestra del procesamiento del experimento 1

	Algoritmo(1)	Software(2)
Media ( $\Delta$ Área ( $\square_i$ ))	817	817.1
Media ( $\Delta$ Dispersión color ( $\square_j$ ))	2.318	2.316
# muestras ( $n_i$ )	10	10
# muestras ( $n_j$ )	10	10

Fuente: Elaboración Propia

Se utiliza la ecuación (4.3), para calcular el error de procesamiento entre las variables de variación de área y variación de dispersión del experimento N° 1

$$e_i = \left| \frac{\bar{x}_{i,1} - \bar{x}_{i,2}}{\bar{x}_{i,2}} \right| * 100 \qquad E_j = \left| \frac{\bar{x}_{j,1} - \bar{x}_{j,2}}{\bar{x}_{j,2}} \right| * 100 \qquad (4.3)$$

Por tanto, con los datos de la Tabla 4

$$e_i = \left| \frac{817 - 817.1}{817.1} \right| * 100 \qquad E_j = \left| \frac{2.318 - 2.316}{2.316} \right| * 100$$
$$e_i = 0.0012\% \qquad E_j = 0.0864\%$$

Se puede apreciar que la variable de variación de área obtenido por el algoritmo de procesamiento tiene una diferencia de menos del uno por ciento y la variable de variación de dispersión de color obtenido por el algoritmo de procesamiento no presenta una diferencia significativa, en comparación con las variables de variación del software Photoshop

#### 4.3.2 Prueba de diferencia de medias del experimento N°2

Los datos usados para la prueba de diferencia y la validación con las hipótesis corresponden a la variación del área y variación de dispersión de color, que son 10 datos obtenidos por el experimento 2, y se procesaron para calcular la media de variación de área ( $\square_k$ ), la media de variación de dispersión de color ( $\square_l$ ), y el tamaño de la muestra ( $n$ ) del ANEXO 1 obtenidos por el algoritmo de procesamiento y el software, la Tabla 4.3 muestra estos datos:

Tabla 4.3: Media de variación de área; y media de variación de dispersión de color y tamaño de la muestra del procesamiento del experimento 2

	Algoritmo(1)	Software(2)
Media ( $\Delta$ Área ( $\square_k$ ))	31815.9	31809
Media ( $\Delta$ Dispersión color ( $\square_l$ ))	3.139	3.139
# muestras ( $n_k$ )	10	10
# muestras ( $n_l$ )	10	10

Fuente: Elaboración Propia

Se utiliza la ecuación (4.4), para calcular el error de procesamiento entre las variables de variación de área y variación de dispersión del experimento N°2

$$e_k = \left| \frac{\bar{x}_{k,1} - \bar{x}_{k,2}}{\bar{x}_{k,2}} \right| * 100 \quad E_l = \left| \frac{\bar{x}_{l,1} - \bar{x}_{l,2}}{\bar{x}_{l,2}} \right| * 100 \quad (4.4)$$

Por tanto, con los datos de la Tabla 4

$$e_k = \left| \frac{31815.9 - 31809}{31809} \right| * 100 \quad E_l = \left| \frac{3.139 - 3.139}{3.139} \right| * 100$$
$$e_k = 0.022\% \quad E_l = 0.00\%$$

Se puede apreciar que la variable de variación de área obtenido por el algoritmo de procesamiento tiene una diferencia de menos del uno por ciento y la variable de variación de dispersión de color obtenido por el algoritmo de procesamiento no presenta diferencia, en comparación con las variables de variación del software Photoshop

#### 4.3.3 Prueba de diferencia de medias del experimento N°3

Los datos usados para la prueba de diferencia y la validación con las hipótesis corresponden a la variación del área y dispersión de color, que son 10 datos obtenidos por el experimento 3, y se procesaron para calcular la media de variación de área ( $\square_m$ ) con su respectiva varianza ( $s_m^2$ ), la media de variación de dispersión de color ( $\square_n$ ) con su respectiva varianza ( $s_n^2$ ), y el tamaño de la muestra

(n) del ANEXO 1 obtenidos por el algoritmo de procesamiento y el software en la

Tabla 4.4:

Tabla 4.4. Media y varianza de variación de área; media y varianza de variación de dispersión de color; y tamaño de la muestra del procesamiento del experimento 3

	Algoritmo(1)	Software(2)
Media ( $\bar{x}_m$ )	22586.8	22757.5
Varianza ( $s_m^2$ )	4410554735	3593265607
Media ( $\bar{x}_n$ )	0.297	0.295
Varianza ( $s_n^2$ )	0.6993	0.6950
# muestras ( $n_m$ )	10	10
# muestras ( $n_n$ )	10	10

Fuente: Elaboración Propia

Se utiliza la ecuación (4.5), para calcular el error de procesamiento entre las variables de variación de área y variación de dispersión del experimento N°2

$$e_m = \left| \frac{\bar{x}_{m,1} - \bar{x}_{m,2}}{\bar{x}_{m,2}} \right| * 100 \qquad E_n = \left| \frac{\bar{x}_{n,1} - \bar{x}_{n,2}}{\bar{x}_{n,2}} \right| * 100 \qquad (4.5)$$

Por tanto, con los datos de la Tabla 4

$$e_m = \left| \frac{22586.8 - 22757.5}{22757.5} \right| * 100 \qquad E_n = \left| \frac{0.297 - 0.295}{0.295} \right| * 100$$
$$e_m = 0.75\% \qquad E_n = 0.68\%$$

Se puede apreciar que la variable de variación de área obtenido por el algoritmo de procesamiento tiene una diferencia de menos del uno por ciento y la variable de variación de dispersión de color obtenido por el algoritmo de procesamiento tiene una diferencia del de menos del uno por ciento, en comparación con las variables de variación del software Photoshop

#### 4.4 Validación Estadística y discusión de los resultados

La hipótesis planteada en el inicio de la investigación se propuso:



#### 4.4.1 Sistema de Hipótesis

En la hipótesis general de la tesis se planteo

##### **Hipótesis general**

No existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de área y variación de dispersión de color realizado por sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop aplicados a la prueba experimental.

##### **Hipótesis Específica**

- No existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de área realizadas por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop aplicados a la prueba experimental
- No existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de dispersión de color realizadas por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop aplicados a la prueba experimental

De “la hipótesis nula ( $H_0$ ) la cual es la hipótesis que el investigador desea probar” (CHOQUE, 2019) es la hipótesis general planteada en este trabajo de investigación, se propone la hipótesis alternativa ( $H_1$ ):

##### **Hipótesis nula**

$H_0 \cong u_1=u_2$ : No existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de área y variación de dispersión de color realizado por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop aplicados a la prueba experimental.



## **Hipótesis alternativa**

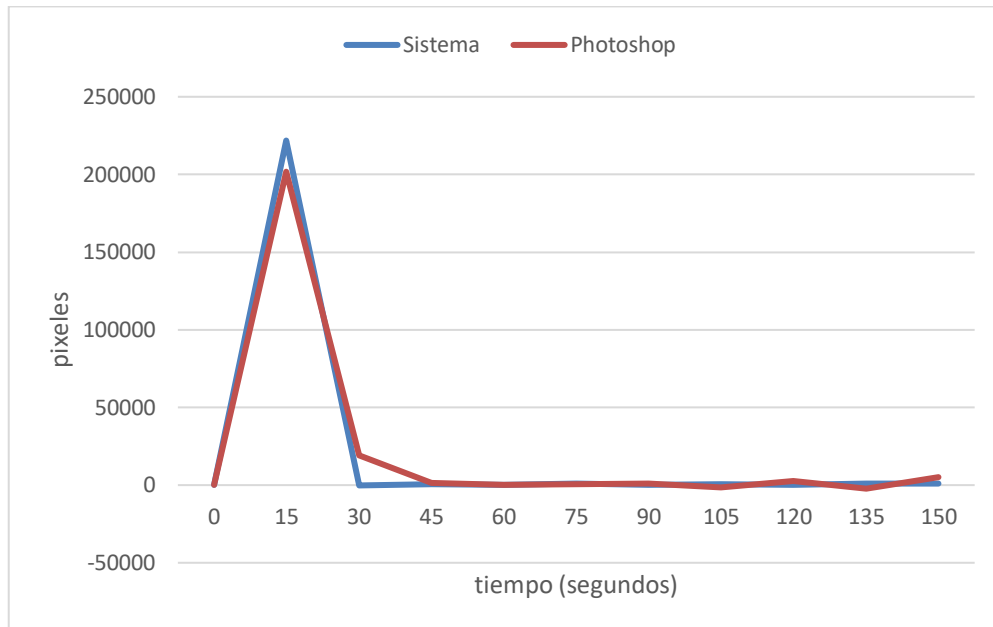
$H_0 \cong u_1 \neq u_2$ : Existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de área y variación de dispersión de color realizado por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop aplicados a la prueba experimental.

Con el planteamiento hecho, las variables independientes y la variable dependiente, las cuales son la diferencia significativa entre el procesamiento de la variación de área y variación de dispersión de color realizadas por el sistema desarrollado y el software Photoshop aplicados a la prueba experimental, se debe plantear un sistema de hipótesis para cada variable de estudio, por ende, se tiene una prueba de hipótesis de la variable dependiente para cada variable independiente. Se propone las siguientes pruebas de hipótesis para la prueba experimental o Experimento N°3

**4.4.2. Experimento 3 (Prueba Experimental de Validación): Prueba de hipótesis estadística para la variable diferencia significativa entre el procesamiento de variación de área realizadas por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop**

La Figura 4.7 se puede apreciar las mediciones procesadas por el Sistema desarrollado, representado por la línea de color azul y el software Photoshop de la prueba experimental, representado por la línea de color naranja

Figura 4.7: Contrastación de datos de variación de área del Sistema y Photoshop



*Elaboración Propia*

Si bien en la mayoría de la gráfica, existe una similitud aparente de valores cercanos entre los datos arrojados por cada muestra en la prueba experimental. El contraste se presenta en:

- $H_{m,0} \cong u_1=u_2$ : No existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de área realizadas por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop
- $H_{m,0} \cong u_1 \neq u_2$ : Existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de área realizadas por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop

Al usar diferentes algoritmos de procesamiento para la extracción de características de las imágenes, las varianzas de los datos finales son diferentes



debido al criterio de determinar el área.

Por tanto, al tener varianzas diferentes, el estadístico de contraste viene dado por la siguiente ecuación (4.6)

$$T_{m,0} = \frac{\bar{x}_{m,1} - \bar{x}_{m,2}}{\sqrt{\frac{S_{m,1}^2}{n_{m,1}} + \frac{S_{m,2}^2}{n_{m,2}}}} \quad (4.6)$$

Los grados de libertad de la distribución T de Student se calculan por la siguiente ecuación (4.7)

$$v_m = \frac{\left(\frac{S_{m,1}^2}{n_{m,1}} + \frac{S_{m,2}^2}{n_{m,2}}\right)^2}{\left(\frac{S_{m,1}^2}{n_{m,1}}\right) \frac{1}{n_{m,1}-1} + \left(\frac{S_{m,2}^2}{n_{m,2}}\right) \frac{1}{n_{m,2}-1}} \quad (4.7)$$

Con los datos de la Tabla 4.4 Se obtiene

$$\bar{x}_{m,1} = 22586.8; S_{m,1}^2 = 4410554735; n_{m,1} = 10$$

$$\bar{x}_{m,2} = 22757.5; S_{m,2}^2 = 3593265607; n_{m,2} = 10$$

Reemplazando en las ecuaciones

$$t_{m,0} = \frac{22586.8 - 22757.5}{\sqrt{\frac{4410554735}{10} + \frac{3593265607}{10}}} = -0.0060$$

$$v_m = \frac{\left(\left(\frac{4410554735}{10} + \frac{3593265607}{10}\right)\right)^2}{\left(\frac{4410554735}{10}\right)^2 \frac{1}{10-1} + \left(\frac{3593265607}{10}\right)^2 \frac{1}{10-1}} \approx 17$$

Para ver si el valor obtenido está en la zona de aceptación o rechazo de la gráfica de T Student, se plantea un nivel de significación  $\alpha_m = 0.01$  y  $v_m \approx 17$ .

Los valores críticos son  $\pm z_{m,0.01,17} = \pm 2.567$  por lo que  $t_{m,0} = -0.0060$  está en la

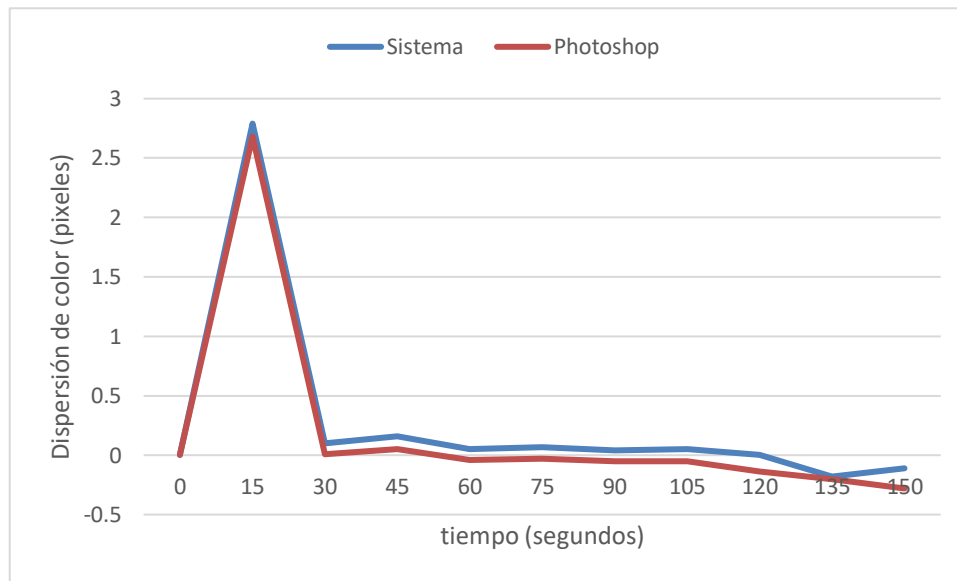


región de aceptación, por qué  $|t_{m,0}| < z_{m,0.01,17}$ . Por ello, se acepta la hipótesis nula de igualdad de medias de la variación de área del procesamiento realizados por el Sistema desarrollado y el software Photoshop. De este modo se puede afirmar con una confianza del 99% de que **“NO EXISTE UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MAYOR AL 1% ENTRE EL PROCESAMIENTO DE VARIACIÓN DE ÁREA REALIZADAS POR EL SISTEMA DESARROLLADO Y EL PROCESAMIENTO REALIZADO POR EL SOFTWARE PHOTOSHOP”**

#### **4.4.3 Experimento 3 (Prueba Experimental de Validación): Prueba de hipótesis estadística para la variable diferencia significativa entre el procesamiento de variación de dispersión de color realizadas por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop**

La Figura 4.8 se puede apreciar las mediciones procesadas por el Sistema desarrollado, representado por la línea de color azul y el software Photoshop de la prueba experimental, representado por la línea de color naranja

Figura 4.8: Contrastación de datos de variación de dispersión de color del Sistema y Photoshop



*Elaboración Propia*

Si bien en la mayoría de la gráfica, existe una similitud aparente de valores cercanos entre los datos arrojados por cada muestra en la prueba experimental. El contraste se presenta en:

- $H_{n,0} \cong u_1=u_2$ : No existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de dispersión de color realizadas por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop
- $H_{n,0} \cong u_1 \neq u_2$ : Existe una diferencia significativa mayor al 1% entre el procesamiento de variación de dispersión de color realizadas por el sistema desarrollado y el procesamiento realizado por el software Photoshop

Al usar diferentes algoritmos de procesamiento para la extracción de características de las imágenes, las varianzas de los datos finales son diferentes debido al criterio de determinar la dispersión de color.

Por tanto, al tener varianzas diferentes, el estadístico de contraste viene dado por la siguiente ecuación (4.8)

$$T_{n,0} = \frac{\bar{x}_{n,1} - \bar{x}_{n,2}}{\sqrt{\frac{S_{n,1}^2}{n_{n,1}} + \frac{S_{n,2}^2}{n_{n,2}}}} \quad (4.8)$$

Los grados de libertad de la distribución T de Student se calculan por la siguiente ecuación (4.9)

$$v_n = \frac{\left(\frac{S_{n,1}^2}{n_{n,1}} + \frac{S_{n,2}^2}{n_{n,2}}\right)^2}{\left(\frac{S_{n,1}^2}{n_{n,1}}\right) \frac{1}{n_{n,1}-1} + \left(\frac{S_{n,2}^2}{n_{n,2}}\right) \frac{1}{n_{n,2}-1}} \quad (4.9)$$

Con los datos de la Tabla 4.4. Se obtiene

$$\bar{x}_{n,1} = 0.297; S_{n,1}^2 = 0.6993; n_{n,1} = 10$$

$$\bar{x}_{n,2} = 0.295; S_{n,2}^2 = 0.6950; n_{n,2} = 10$$

Reemplazando en las ecuaciones

$$t_{n,0} = \frac{0.297 - 0.295}{\sqrt{\frac{0.6993}{10} + \frac{0.6950}{10}}} = -0.0053$$

$$v_n = \frac{\left(\left(\frac{0.6993}{10} + \frac{0.6950}{10}\right)\right)^2}{\left(\frac{0.6993}{10}\right)^2 \frac{1}{10-1} + \left(\frac{0.6950}{10}\right)^2 \frac{1}{10-1}} \approx 17$$

Para ver si el valor obtenido está en la zona de aceptación o rechazo de la gráfica de T Student, se plantea un nivel de significación  $\alpha_m = 0.01$  y  $v_m \approx 17$ .

Los valores críticos son  $\pm z_{n,0.01,17} = \pm 2.567$  por lo que está en la región de aceptación, por qué  $|t_{n,0}| < z_{n,0.01,17}$ . Por ello, se acepta la hipótesis nula de igualdad

de medias de la variación de área del procesamiento realizados por el Sistema desarrollado y el software Photoshop. De este modo se puede afirmar con una

confianza del 99% de que **“NO EXISTE UNA DIFERENCIA SIGNIFICATIVA MAYOR AL 1% ENTRE EL PROCESAMIENTO DE VARIACIÓN DE DISPERSIÓN DE COLOR REALIZADAS POR EL SISTEMA DESARROLLADO Y EL PROCESAMIENTO REALIZADO POR EL SOFTWARE PHOTOSHOP”**

#### 4.5 RESULTADOS DE LA ETAPA DE VISUALIZACIÓN

La visualización de los archivos DICOM creados, están almacenadas en la data del servidor DICOM creado, en la Tabla 4.5, se puede ver la información que se adjuntó a estos archivos DICOM

Tabla 4.5: Datos de los experimentos para su publicación en formato DICOM

	Resolución (píxeles)	pixel/área	$\Delta$ tiempo	$\Delta$ Área	$\Delta$ Dispersión color
SIMULACIÓN Experimento 2	400x800	1 pixel/mm <sup>2</sup>	2 minutos	31815.9	3.139
EXPERIMENTAL Experimento 3	480x640	415,14 pixel/mm <sup>2</sup>	15 segundos	22586.8	0.297

*Fuente: Elaboración Propia*

En los ANEXOS B y C se pueden visualizar los archivos DICOM creados, cada imagen está en el formato DICOM, para la presentación de los resultados de esta etapa de la tesis, se presentará la imagen DICOM de “copy of skin\_10” y “copy of tesis10”. Y después de conectar con el servidor DICOM, accedemos por medio de la interfaz WEB. Y con la aplicación MicroDicom visualizamos la variación de área, variación de dispersión de color y el tiempo de muestreo.

##### 4.5.1 Interfaz WEB del Experimento N°2

En la Figura 4.9, se aprecia los metadatos, en la interfaz WEB del experimento 2 en formato DICOM, conjuntamente con la imagen skin\_10

Figura 4.9: Interfaz WEB del experimento 2

File: copy of skin\_10

Patient Name: SKIN\_10^UNA PUNO^DANIEL  
Study ID:  
Study Date: 20200101

Group, Element	Tag Description	VR	Length	Value
0002,0000	Group Length	UL	4	202
0002,0001	File Meta Information Version	OB	2	0
0002,0002	Media Storage SOP Class UID	UI	26	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.7
0002,0003	Media Storage SOP Instance UID	UI	54	1.2.300.0.7230010.3.1.4.2295043472.9584.15857685
0002,0010	Transfer Syntax UID	UI	20	1.2.840.10008.1.2.1
0002,0012	Implementation Class UID	UI	28	1.2.300.0.7230010.3.0.3.5.4
0002,0013	Implementation Version Name	SH	6	PYTHON
0002,0016	Source Application Entity Title	AE	6	PYTHON

01 Bits Stored US 2 8  
02 High Bit US 2 7  
03 Pixel Representation US 2 0

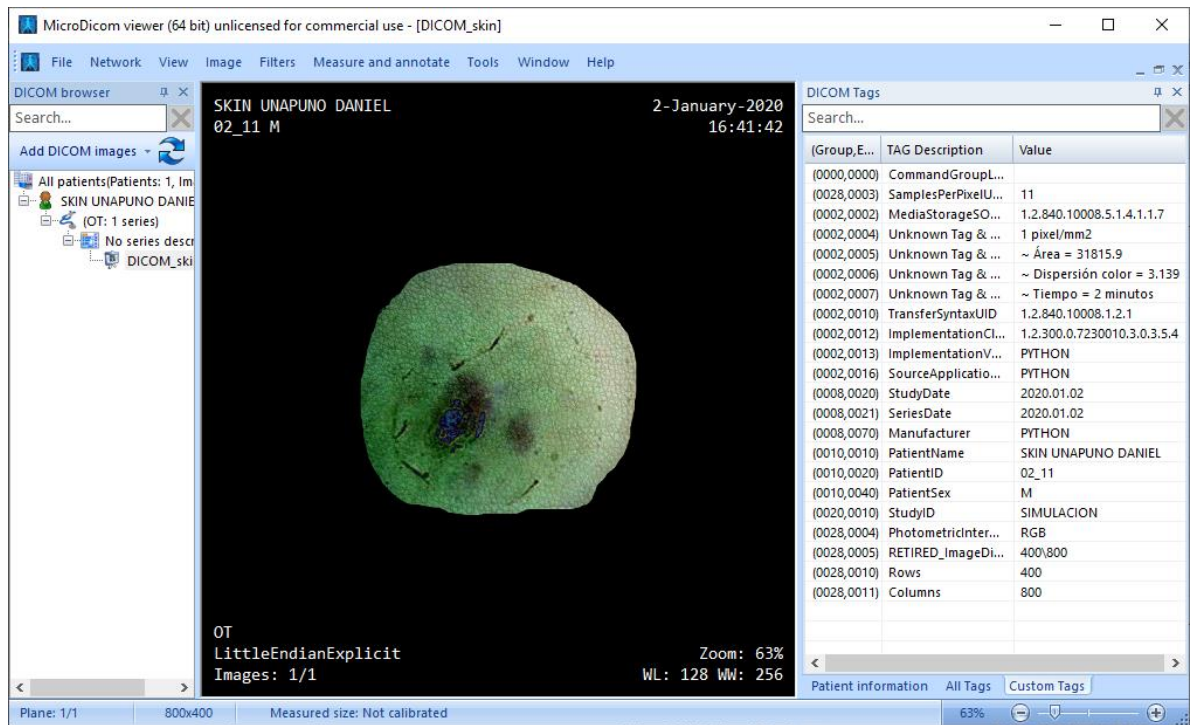
Activar Windows  
Ve a Configuración para activar Windows.

Elaboración Propia

#### 4.5.2 Interfaz MicroDicom del Experimento N°2

En la Figura 4.10, se visualiza el archivo DICOM\_skin, que es el archivo final creado del experimento 2, en este archivo esta insertado los datos de la Tabla 4.5; la imagen que se visualiza corresponde al estadio final del experimento N°2 la imagen esta resaltada en el cambio de matiz y borde, que se obtuvo con el código de procesamiento. En la columna derecha de Figura 4.10; se detalla los metadatos de la imagen DICOM, por criterio propio se decidió poner la información en el grupo (0002,0004) hasta (0002,0007) la información de variación de área (~Área=31815.9 pixeles /muestra), variación de dispersión de color (~Dispersión color=3.319) y tiempo de muestreo (~Tiempo=2 minutos); de esta manera se aprecia todos los datos obtenidos en las anteriores etapas del sistema (etapa de Adquisición y etapa de Procesamiento)

Figura 4.10: Interfaz MicroDicom Viewer del experimento 2 en formato DICOM

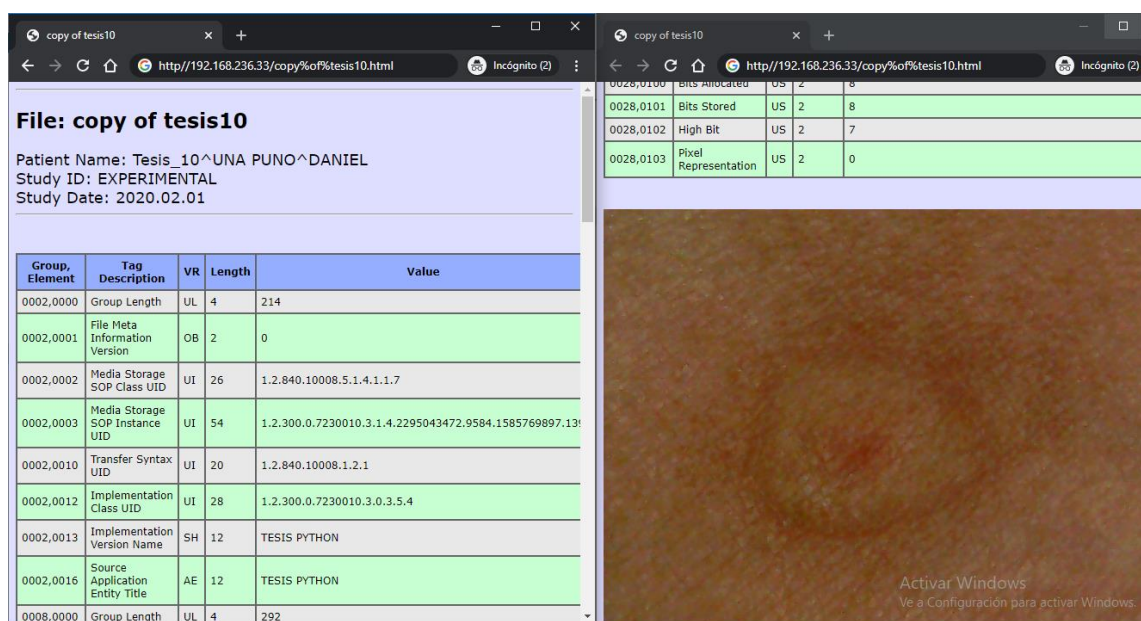


Elaboración Propia

### 4.5.3 Interfaz WEB del Experimento N°3 (Prueba Experimental)

En la Figura 4.11, se aprecia los metadatos, en la interfaz WEB del archivo tesis10 en formato DICOM, conjuntamente con la imagen tesis10

Figura 4.11: Interfaz WEB del experimento 3



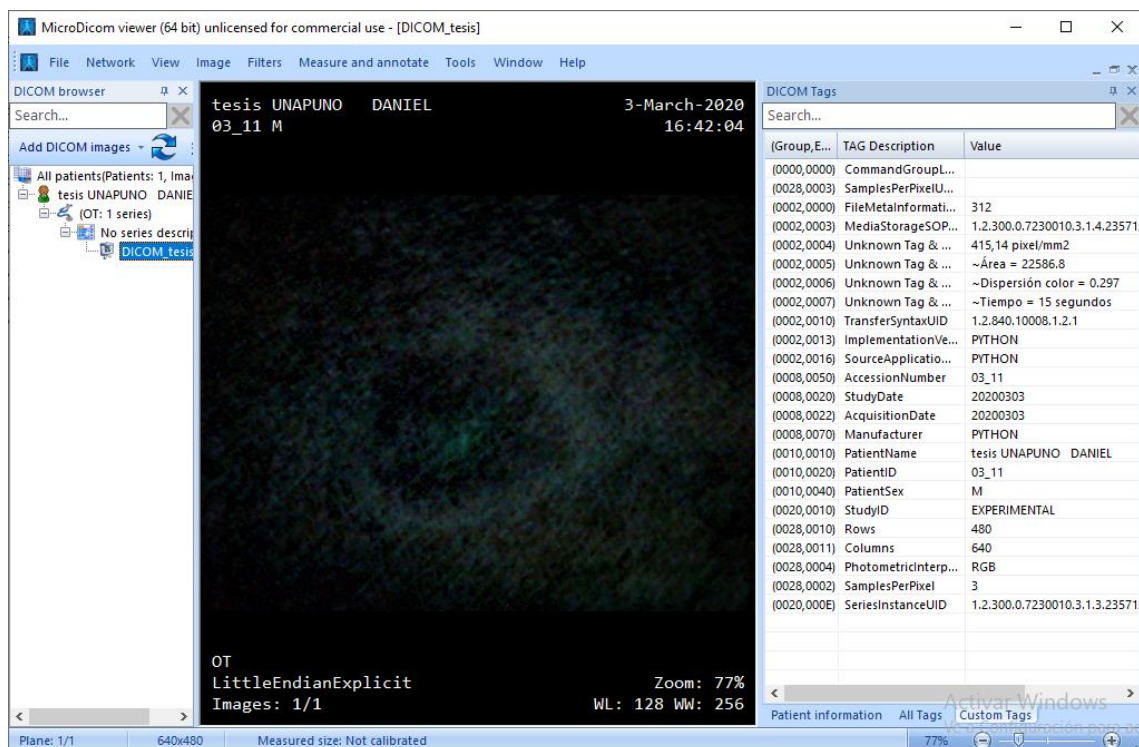
Elaboración Propia



#### 4.5.4 Interfaz MicroDicom del Experimento N°3 (Prueba Experimental)

En la Figura 4.12, se visualiza el archivo DICOM\_skin, que es el archivo final creado del experimento 3, en este archivo esta insertado los datos de la Tabla 4.5; la imagen que se visualiza corresponde al estadio final del experimento N°3 la imagen esta resaltada en el cambio de matiz y borde, que se obtuvo con el código de procesamiento. En la columna derecha de Figura 4.12; se detalla los metadatos de la imagen DICOM, por criterio propio se decidió poner la información en el grupo (0002,0004) hasta (0002,0007) la información de variación de área (~Área=22586.8 pixeles /muestra), variación de dispersión de color (~Dispersión color=0.297) y tiempo de muestreo (~Tiempo=15 segundos); de esta manera se aprecia todos los datos obtenidos en las anteriores etapas del sistema (etapa de Adquisición y etapa de Procesamiento)

Figura 4.12: Interfaz MicroDicom del experimento 3 en formato DICOM Viewer



Elaboración Propia





## V. CONCLUSIONES

- ❖ Se ha diseñado tanto para las pruebas de simulación (por medio de la manipulación del software Photoshop) y la prueba experimental (por medio del microscopio electrónico digital USB), la forma de adquirir las muestras del sistema; en la prueba experimental la calibración del microscopio electrónico digital, está determinada por la ecuación hallada, que relaciona área de enfoque y distancia. Así como la implementación del desarrollo de la programación por Python para procesar el video de la prueba experimental
- ❖ Se ha diseñado e implementado el algoritmo de procesamiento digital de las imágenes en PYTHON, así como la aplicación del filtro gaussiano que permite adecuar la imagen; por medio del algoritmo de comparación se extrajo la información necesaria para analizar los cambios morfológicos en la piel
- ❖ Con las imágenes obtenidas se creó los archivos DICOM, añadiendo la información extraída y analizada de la etapa de procesamiento digital del sistema, para luego ser almacenadas por el servidor implementado, el ConQuest DICOM, y su posterior visualización por medio de un navegador WEB y la aplicación de MicroDicom Viewer.



## VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Por los resultados se puede apreciar la confiabilidad del sistema. Sin embargo, en la etapa de adquisición hace falta el desarrollo de firmware en los equipos biomédicos para crear archivos en el estándar DICOM.
- ❖ El procesamiento digital ofrece un mundo de posibilidades en el área biomédica, sin embargo, el diseño e implementación requieren un conocimiento, tanto de la medicina e ingeniería; por lo que es necesario una cooperación e integración de entidades de formación profesional con el campo, y apoyar iniciativas que buscan solución a diversas falencias en el sector salud
- ❖ Para crear los archivos DICOM, se hizo necesario copiar el modelo de otros archivos DICOM, debido a que no existe documentación de cómo hacerlo, esto por motivos de seguridad del estándar DICOM, lo cual hace más difícil el poder adaptar equipos biomédicos, por ello se recomienda la investigación en este campo



## VII. REFERENCIAS

- Antoine Amado De-Olazával, S. E. (2005). DERMATITIS ALÉRGICA POR CONTACTO, UN PROBLEMA CRECIENTE EN CIRUGÍA. *DERMATOLOGÍA PERUANA*, 1-3.
- Armando., J. H. (2006). *Sistema PACS mínimo basado en el estándar DICOM*. México: UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA.
- Arruda Chaves, E. (abril/junio de Lima 2004). *Revista Medica Herediana*. Obtenido de *Revista Medica Herediana*:  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1018-130X2004000200010](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2004000200010)
- Benito, C. P. (20 de julio de 2015). *DISEÑO DE FILTROS PARA EL PROCESADO DE IMAGENES BASADO EN TEORÍA DE GRAFOS*. Obtenido de UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA:  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73099/TFM\\_Cristina\\_P%C3%A9rez\\_Benito.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/73099/TFM_Cristina_P%C3%A9rez_Benito.pdf?sequence=1)
- Chipana, G. F. (01 de agosto de 2019). *TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE ORIGEN COMERCIAL DE LAS UNIVERSIDADES DE LA REGIÓN-PUNO, 2015*. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/>:  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13500/Gavino\\_Jos%C3%A9\\_Flores\\_Chipana.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/13500/Gavino_Jos%C3%A9_Flores_Chipana.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- CHOQUE, J. C. (26 de SETIEMBRE de 2019). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL*. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/>:  
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11682/Churata\\_Choque\\_Julio\\_Cesar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/11682/Churata_Choque_Julio_Cesar.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



- Dr. José Manuel Zubeldia, D. M. (abril de 2012). *LIBRO DE LAS ENFERMEDADES ALÉRGICAS DE LA FUNDACIÓN BBVA*. Obtenido de LIBRO DE LAS ENFERMEDADES ALÉRGICAS DE LA FUNDACIÓN BBVA:  
<https://www.fbbva.es/microsite/alergiasfbbva/como-se-producen-las-enfermedades-alergicas/4-el-sistema-inmunitario-y-la-alergia/index.html>
- Drake, M. (26 de April de 2019). *Cómo instalar MySQL en Ubuntu 18.04*. Obtenido de <https://www.digitalocean.com/>:  
<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/como-instalar-mysql-en-ubuntu-18-04-es>
- Ellingwood, J., & Kathleen Juell. (21 de junio de 2018). *Cómo instalar el servidor web Apache en Ubuntu 18.04*. Obtenido de [digitalocean.com](https://www.digitalocean.com/):  
<https://www.digitalocean.com/community/tutorials/como-instalar-el-servidor-web-apache-en-ubuntu-18-04-es>
- Enio. (2018). *busybeta*. Obtenido de DICOM: Estudio conceptual del estándar y preliminares a su aplicación en la programación:  
<https://busy.org/@eniolw/dicom-estudio-conceptual-del-estandar-y-preliminares-a-su-aplicacion-en-la-programacion>
- Herranz, F. B. (OCTUBRE 2003). *Desarrollo de aplicaciones DICOM para la gestión de imágenes biomédicas*. España: Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Automática e Informática Industrial.
- Kennedy, R. L. (20 de abril de 2020). *Conquest DICOM software 1.5.0a*. Obtenido de <https://ingenium.home.xs4all.nl/>: <https://ingenium.home.xs4all.nl/dicom.html>
- L R Álvarez, R. C. (CAIS 2013). Implementación de una red de teleimagenología DICOM RIS/PACS local y a distancia utilizando software libre. *4to Congreso Argentino de Informatica y Salud*, 15, 19.



- Martínez, Á. M. (2014). *Clasificación de imágenes Dermatoscópicas*. Madrid: Ingeniería Audiovisual y Comunicaciones [hasta 2014].
- MathWorks. (s.f.). *Image Processing Toolbox*. Obtenido de Enhance Multispectral Color Composite Images: <https://www.mathworks.com/help/images/enhancing-multispectral-color-composite-images.html>
- Morales Reyes, A. (2002). *Manejo de imágenes DICOM (Digital imaging and communication in medicine) mediante un sistema en INTERNET*. México: Dirección General de Bibliotecas. <http://www.dgb.unam.mx/index.php/quienes-somos/dudas-y-comentarios>.
- Pixeon. (15 de mayo de 2017). *PIXEON*. Obtenido de PIXEON: <https://www.pixeon.com/es/blog/que-es-dicom-y-cuales-son-sus-beneficios/>
- Remedios Alamar Martínez<sup>1</sup>, C. S. (Setiembre-Diciembre 2012). PRICK-TEST EN EL DIAGNOSTICO DE ALERGÍA CUTÁNEA. *ENFERMERIA DERMATOLÓGICA*, 1,12.
- SIGNAL AND IMAGE NOISE MODELS* . (2010). Obtenido de NUMERICAL TOURS IN MATLAB/SCILAB: [http://www.numerical-tours.com/matlab/denoisingsimp\\_1\\_noise\\_models/](http://www.numerical-tours.com/matlab/denoisingsimp_1_noise_models/)
- Wikipedia. (02 de Febrero de 2020). *Wikipedia - La enciclopedia Libre*. Obtenido de Wikipedia - La enciclopedia Libre: <https://es.wikipedia.org/wiki/Hipersensibilidad>

## ANEXOS

### ANEXO 1

Tabla 8.1 Resultados adquiridos con el Software Python en el experimento 1

EXPERIMENTO N°1						
piel_	t (min)	Algoritmo Procesamiento PYTHON				
		Área	$\Delta$ Área	Media Histograma	Dispersión Color	$\Delta$ Dispersión color
0	0	0	0	186.92	37.48	0
1	1	0	0	186.92	37.48	0
2	2	27	27	186.85	37.61	0.13
3	3	75	48	186.72	37.9	0.29
4	4	108	33	186.65	38.02	0.12
5	5	147	39	186.58	38.13	0.11
6	6	543	396	185.96	39.38	1.25
7	7	1284	741	184.74	41.73	2.35
8	8	2282	998	182.86	44.66	2.93
9	9	7791	5509	173.15	58.6	13.94
10	10	8170	379	171.65	60.66	2.06

Elaboración Propia

Tabla 8.2 Resultados adquiridos con el Software Photoshop en el experimento 1

EXPERIMENTO N°1						
piel_	t (min)	Software Photoshop				
		Área	$\Delta$ Área	Media Histograma	Dispersión Color	$\Delta$ Dispersión color
0	0	0	0	186.92	37.48	0
1	1	0	0	186.92	37.48	0
2	2	26	26	186.85	37.62	0.14
3	3	74	48	186.72	37.91	0.29
4	4	107	33	186.66	38.02	0.11
5	5	147	40	186.58	38.13	0.11
6	6	543	396	185.96	39.38	1.25
7	7	1282	739	184.75	41.73	2.35
8	8	2284	1002	182.86	44.66	2.93
9	9	7791	5507	173.15	58.58	13.92
10	10	8171	380	171.64	60.64	2.06

Elaboración Propia

Tabla 8.3 Resultados adquiridos con el Software Python en el experimento 2

EXPERIMENTO N°2						
skin_	t (min)	Algoritmo Procesamiento PYTHON				
		Área	$\Delta$ Área	Media Histograma	Dispersión Color	$\Delta$ Dispersión color
0	0	0	0	190.24	30.84	0
1	2	38172	38172	190.26	30.82	-0.02
2	4	41421	3249	190.13	30.91	0.09
3	6	44470	3049	189.77	31.35	0.44
4	8	51308	6838	188.91	32.54	1.19
5	10	51308	0	188.9	32.53	-0.01
6	12	53164	1856	188.48	33.14	0.61
7	14	62549	9385	187.89	33.85	0.71
8	16	91739	29190	186.05	35.71	1.86
9	18	199318	107579	169.49	54.9	19.19
10	20	318159	118841	155.11	62.23	7.33

Elaboración Propia

Tabla 8.4. Resultados adquiridos con el Software Photoshop en el experimento 2

EXPERIMENTO N°2						
skin_	t (min)	Software Photoshop				
		Área	$\Delta$ Área	Media Histograma	Dispersión Color	$\Delta$ Dispersión color
0	0	0	0	190.24	30.84	0
1	2	38120	38120	190.26	30.82	-0.02
2	4	41400	3280	190.13	30.91	0.09
3	6	44410	3010	189.78	31.36	0.45
4	8	51320	6910	188.91	32.53	1.17
5	10	51318	-2	188.91	32.53	0
6	12	53160	1842	188.48	33.14	0.61
7	14	62540	9380	187.89	33.86	0.72
8	16	91690	29150	186.05	35.7	1.84
9	18	199200	107510	169.49	54.9	19.2
10	20	318090	118890	155.11	62.23	7.33

Elaboración Propia

Tabla 8.5 Resultados adquiridos con el Software Python en el experimento 3

EXPERIMENTO N°3						
tesis	t (seg)	Algoritmo Procesamiento PYTHON				
		Área	Δ Área	Media Histograma	Dispersión Color	Δ Dispersión color
0	0	0	0	94.63	30.02	0
1	15	221819	221819	88.01	32.81	2.79
2	30	221601	-218	88.19	32.91	0.1
3	45	222165	564	87.45	33.07	0.16
4	60	222311	146	87.27	33.12	0.05
5	75	223121	810	86.6	33.19	0.07
6	90	223150	29	86.14	33.23	0.04
7	105	223520	370	85.51	33.28	0.05
8	120	223732	212	85.31	33.28	0
9	135	224859	1127	83.46	33.1	-0.18
10	150	225868	1009	81.45	32.99	-0.11

Elaboración Propia

Tabla 8.6 Resultados adquiridos con el Software Photoshop en el experimento 3

EXPERIMENTO N°3						
tesis	t (seg)	Software Photoshop				
		Área	Δ Área	Media Histograma	Dispersión Color	Δ Dispersión color
0	0	0	0	94.63	30.02	0
1	15	201759	201759	88	32.8	2.78
2	30	220798	19039	88.15	32.91	0.11
3	45	222252	1454	87.41	33.06	0.15
4	60	222266	14	87.2	33.12	0.06
5	75	222799	533	86.68	33.19	0.07
6	90	223697	898	86.2	33.24	0.05
7	105	222270	-1427	85.5	33.29	0.05
8	120	224796	2526	85.29	33.25	-0.04
9	135	222509	-2287	83.44	33.15	-0.1
10	150	227575	5066	81.45	32.97	-0.18

Elaboración Propia





## ANEXO 2

*Tabla 8.7 Metadatos del experimento 2 con la estructura de la información Dicom, el UID identificador único, y con el OID identificador del objeto,*

<b>Group:Element</b>	<b>TAG Description</b>	<b>VR</b>	<b>Value</b>
(0002:0000)	FileMetaInformationGroupLength	UL	308
(0002:0001)	FileMetaInformationVersion	OB	
(0002:0002)	MediaStorageSOPClassUID	UI	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.7
(0002:0003)	MediaStorageSOPInstanceUID	UI	1.2.300.0.7230010.3.1.4.235712988
(0002:0004)	Unknown Tag & Data	CS	1 pixel/mm2
(0002:0005)	Unknown Tag & Data	CS	~ Área = 31815.9
(0002:0006)	Unknown Tag & Data	CS	~ Dispersión color = 3.139gth
(0002:0007)	Unknown Tag & Data	CS	~ Tiempo = 2 minutos
(0002:0010)	TransferSyntaxUID	UI	1.2.840.10008.1.2.1
(0002:0012)	ImplementationClassUID	UI	1.2.300.0.7230010.3.0.3.5.4
(0002:0013)	ImplementationVersionName	SH	PYTHON
(0002:0016)	SourceApplicationEntityTitle	AE	PYTHON
(0008:0005)	SpecificCharacterSet	CS	ISO_IR 100
(0008:0016)	SOPClassUID	UI	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.7
(0008:0018)	SOPInstanceUID	UI	1.2.300.0.7230010.3.1.4.235712988
(0008:0020)	StudyDate	DA	2020.01.02
(0008:0021)	SeriesDate	DA	2020.01.02
(0008:0022)	AcquisitionDate	DA	20200102
(0008:0023)	ContentDate	DA	20200102
(0008:0030)	StudyTime	TM	164142
(0008:0031)	SeriesTime	TM	164142
(0008:0032)	AcquisitionTime	TM	164142
(0008:0033)	ContentTime	TM	164142
(0008:0050)	AccessionNumber	SH	02_11
(0008:0060)	Modality	CS	OT
(0008:0064)	ConversionType	CS	
(0008:0070)	Manufacturer	LO	PYTHON
(0008:0090)	ReferringPhysicianName	PN	
(0010:0010)	PatientName	PN	SKIN UNAPUNO DANIEL
(0010:0020)	PatientID	LO	02_11
(0010:0030)	PatientBirthDate	DA	
(0010:0040)	PatientSex	CS	M
(0020:000D)	StudyInstanceUID	UI	1.2.300.0.7230010.3.1.2.2357129884. 1128
(0020:000E)	SeriesInstanceUID	UI	1.2.300.0.7230010.3.1.3.2357129884. 1128
(0020:0010)	StudyID	SH	SIMULACION
(0020:0011)	SeriesNumber	IS	



(0020:0013)	InstanceNumber	IS	1
(0020:0020)	PatientOrientation	SS	
(0028:0002)	SamplesPerPixel	US	3
(0028:0003)	SamplesPerPixelUsed	US	11
(0028:0004)	PhotometricInterpretation	CS	RGB
(0028:0005)	RETIRED_ImageDimensions	US	400\800
(0028:0006)	PlanarConfiguration	US	0
(0028:0008)	NumberOfFrames	IS	1
(0028:0010)	Rows	US	400
(0028:0011)	Columns	US	800
(0028:0100)	BitsAllocated	US	8
(0028:0101)	BitsStored	US	8
(0028:0102)	HighBit	US	7
(0028:0103)	PixelRepresentation	US	0
(7FE0:0010)	PixelData	OW	

*Elaboración Propia*

*Tabla 8.8 Metadatos del experimento 3 con la estructura de la información Dicom, el UID identificador único, y con el OID identificador del objeto,*

<b>Group:Element</b>	<b>TAG Description</b>	<b>VR</b>	<b>Value</b>
(0002:0000)	FileMetaInformationGroupLength	UL	312
(0002:0001)	FileMetaInformationVersion	OB	
(0002:0002)	MediaStorageSOPClassUID	UI	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.7
(0002:0003)	MediaStorageSOPInstanceUID	UI	1.2.300.0.7230010.3.1.4.2357129884
(0002:0004)	Unknown Tag & Data	CS	41514 pixel/mm2
(0002:0005)	Unknown Tag & Data	CS	~Área = 22586.8
(0002:0006)	Unknown Tag & Data	CS	~Dispersión color = 0.297.
(0002:0007)	Unknown Tag & Data	CS	~Tiempo = 15 segundos
(0002:0010)	TransferSyntaxUID	UI	1.2.840.10008.1.2.1
(0002:0012)	ImplementationClassUID	UI	1.2.300.0.7230010.3.0.3.5.4
(0002:0013)	ImplementationVersionName	SH	PYTHON
(0002:0016)	SourceApplicationEntityTitle	AE	PYTHON
(0008:0005)	SpecificCharacterSet	CS	ISO_IR 100
(0008:0016)	SOPClassUID	UI	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.7
(0008:0018)	SOPInstanceUID	UI	1.2.300.0.7230010.3.1.4.2357129884
(0008:0020)	StudyDate	DA	20200303
(0008:0021)	SeriesDate	DA	20200303
(0008:0022)	AcquisitionDate	DA	20200303
(0008:0023)	ContentDate	DA	20200303
(0008:0030)	StudyTime	TM	164204
(0008:0031)	SeriesTime	TM	164204
(0008:0032)	AcquisitionTime	TM	164204
(0008:0033)	ContentTime	TM	164204



(0008:0050)	AccessionNumber	SH	03_11
(0008:0060)	Modality	CS	OT
(0008:0064)	ConversionType	CS	
(0008:0070)	Manufacturer	LO	PYTHON
(0008:0090)	ReferringPhysicianName	PN	
(0010:0010)	PatientName	PN	tesis UNAPUNO DANIEL
(0010:0020)	PatientID	LO	03_11
(0010:0030)	PatientBirthDate	DA	
(0010:0040)	PatientSex	CS	M
(0020:000D)	StudyInstanceUID	UI	1.2.300.0.7230010.3.1.2.2357129884
(0020:000E)	SeriesInstanceUID	UI	1.2.300.0.7230010.3.1.3.2357129884
(0020:0010)	StudyID	SH	EXPERIMENTAL
(0020:0011)	SeriesNumber	IS	
(0020:0013)	InstanceNumber	IS	1
(0020:0020)	PatientOrientation	SS	
(0028:0002)	SamplesPerPixel	US	3
(0028:0004)	PhotometricInterpretation	CS	RGB
(0028:0006)	PlanarConfiguration	US	0
(0028:0008)	NumberOfFrames	IS	1
(0028:0010)	Rows	US	480
(0028:0011)	Columns	US	640
(0028:0100)	BitsAllocated	US	8
(0028:0101)	BitsStored	US	8
(0028:0102)	HighBit	US	7
(0028:0103)	PixelRepresentation	US	0
(7FE0:0010)	PixelData	OW	

*Elaboración Propia*