



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



DESARROLLO DE UNA INTERFAZ DE CLASIFICACIÓN DE ENFERMEDADES DERMATOLÓGICAS BASADAS EN PROCESAMIENTO DE SEÑALES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

AUTOR: DUVAN ANDRES CARREÑO GOMEZ

**PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, ELÉCTRICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS**



PAMPLONA, 17 DE DICIEMBRE DE 2021



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE

¡Seguimos avanzando!



**DESARROLLO DE UNA INTERFAZ DE CLASIFICACIÓN DE ENFERMEDADES
DERMATOLÓGICAS BASADAS EN PROCESAMIENTO DE SEÑALES E INTELIGENCIA
ARTIFICIAL**

DUVAN ANDRES CARREÑO GOMEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**Director: GERMAN ARLEY PORTILLA GONZÁLEZ
ING. ELECTRÓNICO**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, ELÉCTRICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURAS
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, 17 DICIEMBRE del 2021.**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS
Y TELECOMUNICACIONES.
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



**TRABAJO PRESENTADO PARA OPTAR POR ÉL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

TEMA:

**DESARROLLO DE UNA INTERFAZ DE CLASIFICACIÓN DE ENFERMEDADES
DERMATOLÓGICAS BASADAS EN PROCESAMIENTO DE SEÑALES E INTELIGENCIA
ARTIFICIAL**

**FECHA DE INICIO DEL TRABAJO:
FECHA DE TERMINACIÓN DEL TRABAJO:**

NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACIÓN PARA LA SUSTENTACIÓN:

**DUVAN ANDRES CARREÑO GOMEZ
AUTOR**

**Ing. GERMAN ARLEY PORTILLA
DIRECTOR**

**Mgs. MAURICIO SEQUEDA ARENAS
DIRECTOR DE PROGRAMA**

JURADO CALIFICADOR:

Mgs. HERNANDO JOSÉ VELANDIA

Ing. VICTOR ALBERTO LIZCANO

**PAMPLONA NORTE DE SANTANDER
DICIEMBRE DE 2021**



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



RESUMEN

Este trabajo se presenta como una alternativa tecnológica enfocada a pacientes con enfermedades dermatológicas comunes como acné, dermatitis atópica, herpes zóster, urticaria, vitíligo, melanoma, lesión vascular. Con el objetivo de tener un diagnóstico preciso y así evitar la automedicación, ya que estas enfermedades son muy similares por consiguiente difíciles de diferenciar, por otra parte, estas patologías dermatológicas suelen causar ansiedad, y depresión debido a que se ubican en zonas de fácil visibilidad provocando molestias como picor, ardor además de enrojecimiento. Esta interfaz de clasificación de enfermedades dermatológicas permite al usuario cargar la imagen de la afección que padece o activar la cámara y capturar la foto del área afectada, realizarle un recorte automático, vectorizar la imagen, para posteriormente clasificarla con ayuda de la inteligencia artificial y técnicas de procesamiento de señales en una dimensión como 2 dimensiones, también presenta bajo costo económico y computacional, con una reducción significativa de tiempo, presentando una efectividad de diagnóstico de 90%.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
RESUMEN	13
JUSTIFICACION	13
DELIMITACIÓN.....	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
ACOTACIONES	14
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	15
2.1 CONCEPTOS GENERALES DE DERMATOLOGIA.....	15
2.1.1 ESTRUCTURA DE LA PIEL.....	15
2.2 ENFERMEDADES DERMATOLÓGICAS	18
2.2.1 ACNE.....	18
2.2.2 DERMATITIS ATOPICA.....	19
2.2.3 HERPES ZOSTER.....	19
2.2.4 URTICARIA.....	20
2.2.5 VITILIGO.....	22
2.2.6 MELANOMA	22
2.2.7 LESION VASCULAR.....	23
2.3 CONCEPTOS DE IMÁGENES	24
2.3.1 Imágenes e imágenes digitales.....	24
2.3.2 TIPOS DE IMÁGENES.....	25
2.4 PROCESAMIENTO 2D.....	26
2.4.1 BINARIZACIÓN.....	26
2.4.2 UMBRALIZACION.....	27
2.4.3 DETECCIÓN DE BORDES	29



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2.4.4 TEXTURAS.....	33
2.5 PROCESAMIENTO 1D.....	34
2.5.1 vectorizar imagen.....	34
2.5.2 Transformada rápida de Fourier.....	35
2.5.3 DCT.....	35
2.6 EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS.....	36
2.6.1 ENTROPÍA.....	36
2.6.2 WALEVELET.....	37
2.7 clasificación.....	38
2.7.1 Máquinas de vectores de soporte (VSM).....	38
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	40
3.1 Base de datos.....	41
3.1.1 KAGGLE.....	41
3.1.2 DermNet NZ.....	41
3.1.3 DERMATOLOGY ATLAS.....	41
3.1.4 DERMATOWEB.NET.....	42
3.2 Recolección de la información.....	42
3.3 PRE PROCESAMIENTO.....	43
3.4 PROCESAMIENTO.....	44
3.4.1 Procesamiento 2D.....	44
3.4.2 Procesamiento 1D.....	49
3.4.2 Extracción de características.....	51
3.5 Elección de la técnica de IA.....	53
3.6 Inteligencia artificial (IA).....	54
3.7 INTERFAZ.....	55
3.8 OBTENCIÓN DE PATOLOGIAS.....	56
CAPÍTULO 4: RESULTADOS.....	58



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4.1 Selección de la data	58
4.1.1 Kaggle.....	58
4.1.2 Base de datos DermNet NZ	59
4.1.3 Base de datos DERMATOLOGY ATLAS	59
4.1.4 Base de datos dermatoweb.net.....	60
4.1.5 cámara web	61
4.2 pre procesamiento a las imágenes de las patologías de estudio	61
4.3 Estructuración de metodología para la extracción de características	64
4.4 Interfaz de usuario.....	79
4.5 VALIDACIÓN.....	81
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES.....	84



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema tridimensional de la piel [4].....	16
Figura 2. Estructura anatómica de piel. [7]	17
Figura 3. Dermatitis atópica[11].....	19
Figura 4. Herpes zoster [13]	20
Figura 5. Paciente con urticaria [15].....	21
Figura 6. Vitíligo en espalda y brazo[17].	22
Figura 7. Melanoma nodular [19]	23
FIGURA 8. Angioma de cereza [21].....	24
Figura 9. Imagen RGB[23]	25
Figura 10. Imagen en escala de grises[25].....	26
Figura 11. Valores de pixeles en una imagen binaria. Elaboración propia.....	27
Figura 12. a) Melanoma a 256 niveles de gris; b) Melanoma con un umbral bajo; c) Melanoma con un umbral alto; d) Melanoma con un umbral intermedio. Elaboración propia.	28
Figura 13. a) imagen original; b) imagen binarizada con umbral adaptativo.....	29
Figura 14. a) imagen original; b) método de canny [27].....	30
Figura 15. A) Imagen original; B) Método de sobel. Elaboración propia.....	32
Figura 16. A) Imagen original; B) textura rangefilt. Elaboración propia.....	34
Figura 17. A) Imagen original; B) Imagen vectorizada. Elaboración propia.....	34
Figura 18. Diagrama de bloques del análisis de filtros[34]	37
Figura 19. Separación de clases vsm [35].....	38
Figura 20. Estructura metodológica. Elaboración propia.	40
Figura 21. Recolección de la información. Elaboración propia.	42
Figura 22. Diagrama de preprocesamiento. Elaboración propia.	43
Figura 23. Patologías de acné. Elaboración propia.....	43



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 24. A) patología de acné en escala de grises ; B) imagen binarizada mediante el método de otsu. Elaboración propia.	44
Figura 25. A) patología de acné en escala de grises ; B) imagen binarizada con umbral adaptativo. Elaboración propia.	45
Figura 26. A) patología de urticaria en escala de grises ; B) detección de bordes utilizando el método de canny. Elaboración propia.....	46
Figura 27. A) patología de urticaria en escala de grises ; A) detección de bordes utilizando el método de sobel. Elaboración propia.....	46
Figura 28. A) patología de lesión vascular en escala de grises ; B) análisis de texturas utilizando rangefilt. Elaboración propia.	47
Figura 29. A) patología de Herpes zóster en escala de grises; B) Transformada de Fourier en 2D. Elaboración propia.	48
Figura 30. A) patología de vitíligo en escala de grises; B) Transformada discreta del coseno 2D. Elaboración propia.	48
Figura 31. Patología de urticaria vectorizada. Elaboración propia.....	49
Figura 32. A) Imagen vectorizada de melanoma ; B). Procesado 1D aplicándole FFT. Elaboración propia.....	50
Figura 33. Transformada DCT a las 210 patologías. Elaboración propia.....	51
Figura 34. A) patología de dermatitis vectorizada en escala de grises; b) compresión de patología de dermatitis mediante 1 nivel de dwt. Elaboración propia.	52
Figura 35. A) Aplicación de energía del 50% a patología de dermatitis; B) Normalización de patología de dermatitis con un rango de [0-5]. Elaboración propia.	53
Figura 36. Separación de clases kernel RBF [37]	53
Figura 37. Imagen espectrografica de las patologias en escala de grises. Elaboración propia.....	54
Figura 38. Técnicas empleadas que se le asignaron a la máquina de vectores de soporte (VSM) Para su aprendizaje. Elaboración propia.	55
Figura 39. App Designer[38].....	56
Figura 40. CÁMARA WEB. Elaboración propia.	57
Figura 41. Sitio web kaggle. Elaboración propia.	58



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 42. Sitio web DermNet NZ. Elaboración propia.....	59
Figura 43. Sitio web DERMATOLOGY ATLAS. Elaboración propia.....	60
Figura 44. Sitio web dermatoweb.net. Elaboración propia.	60
Figura 45. Imagen obtenida mediante la cámara web. Elaboración propia.	61
Figura 46. Patología de acné con marca de agua. Elaboración propia.	62
Figura 47. Imagen en escala de grises. Elaboración propia.	63
Figura 48. Imagen en escala de grises con dimensiones de 300x300. Elaboración propia.	64
Figura 49. Imagen espectrografía de las patologías utilizando el método de otsu para Binarizar. Elaboración propia.	65
Figura 50. A) Matriz de confusión de entrenamiento método de otsu; B) Matriz de confusión de clasificación método de otsu. Elaboración propia.	65
Figura 51. Imagen espectrografía de las patologías utilizando umbral adaptativo para Binarizar. Elaboración propia.	66
Figura 52. A) Matriz de confusión de entrenamiento umbral adaptativo; B) Matriz de confusión de clasificación umbral adaptativo. Elaboración propia.	66
Figura 53. Imagen espectrografía de las patologías utilizando el método de canny. Elaboración propia.....	67
Figura 54. A) Matriz de confusión de entrenamiento método de canny; B) Matriz de confusión de clasificación método de canny. Elaboración propia.	67
Figura 55. Imagen espectrografía de las patologías utilizando el método de sobel. Elaboración propia.....	68
Figura 56. A) Matriz de confusión de entrenamiento método de sobel; B) Matriz de confusión de clasificación método de sobel. Elaboración propia.	68
Figura 57. Imagen espectrografía de las patologías utilizando análisis de textura. Elaboración propia.....	69
Figura 58. A) Matriz de confusión de entrenamiento textura B) Matriz de confusión de clasificación textura. Elaboración propia.....	69
Figura 59. Imagen espectrografía de las patologías utilizando transformada rápida de Fourier en 2D. Elaboración propia.....	70



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 60. A) Matriz de confusión de entrenamiento transformada de fourier 2D; B) Matriz de confusión de clasificación transformada de fourier 2D. Elaboración propia.	70
Figura 61. Imagen espectrografía de las patologías utilizando transformada discreta del coseno en 2D. Elaboración propia.....	71
Figura 62. A) Matriz de confusión de entrenamiento transformada discreta del coseno 2D; B) Matriz de confusión de clasificación transformada discreta del coseno 2D. Elaboración propia.....	71
Figura 63. Entrenamiento de SVM 80/20 en procesamiento 2D. Elaboración propia.	74
Figura 64. Entrenamiento de SVM 80/20 en procesamiento 2D. Elaboración propia.	74
Figura 65. Entrenamiento de SVM 80/20 en procesamiento 1D. Elaboración propia.	75
Figura 66. Entrenamiento de SVM 80/20 en procesamiento 1D. Elaboración propia.	76
Figura 67. Comparativa FFT y DCT en 1D Y 2D. Elaboración propia.....	77
Figura 68. Técnica de mayor porcentaje. Elaboración propia.	78
Figura 69. A) Matriz de confusión de entrenamiento energía con ventana 3; B) Matriz de confusión de clasificación energía con ventana 3. Elaboración propia.	78
Figura 70. Interfaz de Clasificación cargando la imagen desde el equipo. Elaboración propia.....	79
Figura 71. Interfaz de Clasificación capturando la imagen desde la cámara web. Elaboración propia.....	80
Figura 72. Verificación de enfermedades dermatológicas. Elaboración propia.	81
Figura 73. validación de la interfaz. Elaboración propia.	82



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de lesiones en el acné.....	18
Tabla 2. Clasificación de urticaria.....	21
Tabla 3. Resultados de clasificación 80-20 modelo 1.....	72
Tabla 4. Resultados de clasificación 80-20 modelo 2.....	73



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

RESUMEN

El presente proyecto de tesis de ingeniería en telecomunicaciones consiste en diseñar una interfaz agradable e intuitiva de clasificación de enfermedades dermatológicas mediante técnicas de procesamiento de señales e inteligencia artificial a pacientes con afecciones dermatológicas en la piel de diferentes áreas corporales, permitiendo al usuario capturar una imagen mediante la activación de la cámara web del ordenador, para así poder procesarla y extraer los patrones característicos comparándolas con la base de datos de las enfermedades dermatológicas establecidas, realizando un análisis interno permitiendo identificar y clasificar el tipo de anomalía que presenta el paciente en la piel para su correcta prevención y tratamiento.

JUSTIFICACION

Los motivos de realizar este proyecto de investigación es poder contribuir a los pacientes con enfermedades dermatológicas entregándoles una interfaz desarrollada con técnicas de extracción de características mediante el procesamiento de señales e inteligencia artificial, permitiendo la clasificación de patologías dermatológicas en diferentes áreas de la piel, de una manera segura y eficaz. Sin tener que salir a exponerse a posibles contagios por causa de la de pandemia de Covid-19, donde los sistemas de salud luchan por satisfacer una demanda exponencial e incontrolable, en peligro de colapsar debido a una sobrecarga de consultas que se pueden seguir por telemedicina. Asimismo, Estas patologías van en aumento debido al cambio climático y el calentamiento global, ya que la piel está expuesta directamente al sol presentando la cuarta causa de años perdidos por discapacidad [1].



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



DELIMITACIÓN

OBJETIVO GENERAL

DESARROLLAR UNA INTERFAZ DE CLASIFICACIÓN DE ENFERMEDADES DERMATOLÓGICAS BASADAS EN PROCESAMIENTO DE SEÑALES E INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar la búsqueda de una base de datos de enfermedades dermatológicas que permita el proceso de clasificación.

Realizar un pre procesamiento a las imágenes de cada una de las patologías de estudio.

Estructurar una metodología para la extracción de características que permita procesos de clasificación.

Diseñar una interfaz de usuario que contenga los elementos necesarios para el proceso de clasificación de patologías presentes en la piel.

Validar el sistema de clasificación de patologías mediante criterio de experto.

ACOTACIONES

Este proyecto se hará con base de datos obtenida en la red, y según los resultados se vinculará a la cámara web, el entorno de programación será determinado luego de los resultados preliminares, se tomarán como base más de 7 patologías y menos de 10 patologías dermatológicas que afecten cualquier parte del cuerpo, las enfermedades clasificadas se determinarán como generales sin incluir sus tipos y variedades.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se abordarán temáticas relacionadas con el preprocesamiento y procesamiento de imágenes y asimismo la piel. Esta se encarga de brindar protección contra los gérmenes, infecciones, sintetizar la vitamina D, mantener la temperatura corporal, acumular grasa y agua, además de permitir las sensaciones táctiles de los seres humanos. Las capas principales de la piel incluyen la epidermis, la dermis y la hipodermis, esta es propensa a muchos problemas como son la exposición indiscriminada a cosméticos, productos farmacéuticos u otros agentes de uso cotidiano causando cáncer de piel, acné, arrugas y erupciones cutáneas. Ciertas enfermedades dermatológicas tienen una gran repercusión en la vida personal y social de quienes las padecen debido a cambios visibles en áreas corporales, los síntomas y malestares que producen continuamente por enfermedades crónicas. Se estima que 91% de colombianos padecen enfermedades de la piel, estos datos son alarmantes porque muestra la ignorancia que los colombianos tienen sobre la importancia de su piel, no saben que es el órgano grande del cuerpo y refleja lo que le pasa al organismo [2]. Los servicios de dermatología deben transformarse y adaptarse para brindar una atención segura y mitigar el riesgo de contagio apoyado en las nuevas tecnologías.

2.1 CONCEPTOS GENERALES DE DERMATOLOGIA

2.1.1 ESTRUCTURA DE LA PIEL

La piel es el órgano de mayor tamaño del organismo humano, su principal función es la protección contra los rayos solares, Se compone de un tejido que está en constante crecimiento, y se regenera constantemente. Dado que la piel establece una protección entre los órganos internos y el ambiente externo, es especialmente susceptible a agresores externos y refleja claramente patologías internas. Se divide en tres capas que son tejido subcutáneo, dermis y epidermis [3].



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

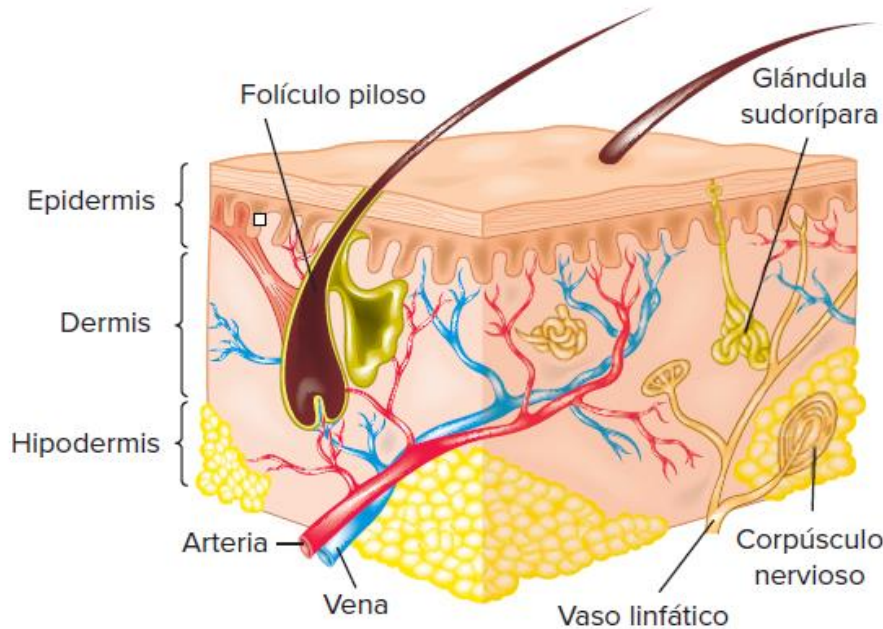


Figura 1. Esquema tridimensional de la piel [4]

2.1.1.1 TEJIDO SUBCUTÁNEO

Es la estructura que abarca el mayor número de tejido adiposo del cuerpo. El espesor de la capa de grasa subcutánea es diverso entre las regiones del cuerpo. Es particularmente grueso en el abdomen y delgado en los párpados. Los adipocitos, como los fibroblastos, se derivan de las células de la dermis. Están organizados en lóbulos divididos por septos fibrosos a través del cual pasan la mayoría de los vasos sanguíneos, linfáticos y los nervios que irrigan la piel. El tejido subcutáneo sirve como depósito para la formación y el almacenamiento de grasa y se caracteriza por la alta dinámica del metabolismo de los lípidos que tiene lugar allí en relación con la nutrición. Además, brinda protección contra lesiones físicas y aísla contra cambios de temperatura [5].



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2.1.1.2 DERMIS

La dermis es una estructura de soporte que está conformada por tejido conectivo permitiendo el intercambio de células inmunitarias y también nutricionales, por lo tanto, se clasifica en superficial o papilar media o reticular y profunda. Está conformada de vasos, tejido conjuntivo anexos cutáneos y nervios. Hay tres clases de fibras proteínicas: de colágeno, reticulares y elásticas; una sustancia esencial formada por mucopolisacáridos y varios tipos de células: fibroblastos (que producen colágeno, sustancia fundamental y colagenasa), histiocitos, mastocitos, polimorfonucleares, eosinófilos y plasmocitos [6].

2.1.1.3 EPIDERMIS

Es la más superficial de las tres capas de piel y su grosor promedio es aproximadamente menor a 1 milímetro. Esta consta de 4 capas celulares que son capa basal, capa espinosa, capa granulosa, por lo tanto, conforman la epidermis viva, por otra parte, la capa cornea es el producto final muerto ver figura 2.

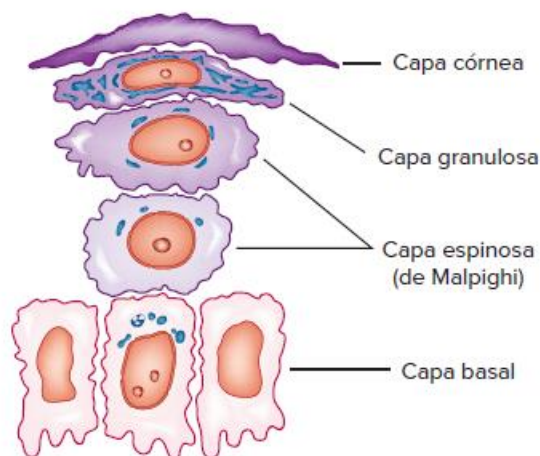


Figura 2. Estructura anatómica de piel. [7]



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2.2 ENFERMEDADES DERMATOLÓGICAS

2.2.1 ACNE

El acné es una enfermedad inflamatoria, producida por retención de sebo. Esta Proveniente del griego acmé (que sale a la superficie, que hace punta). Es una de las enfermedades dermatológicas más comunes ya que aparece en un 80% a los adolescentes con edades comprendidas entre los 13 y 18 años, tendiendo a desaparecer hacia los 20 a 25 años. Esta enfermedad predomina en la cara (99%), espalda (60%) y el tórax (15%). Por lo tanto, Representa en un 25% de las visitas al dermatólogo, sus lesiones son comedones, pápulas y pústulas también puede haber abscesos, quistes y cicatrices. Puede persistir durante muchos años, dejando cicatrices persistentes y afectando negativamente el desarrollo psicológico del adolescente afectado. Existen tratamientos muy efectivos disponibles para controlar cada uno de los factores causales involucrados. Un buen conocimiento de la base patológica del acné permite un tratamiento completo y muchas veces definitivo en casos leves o moderados.[8].

2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE ACNE

Según el tipo de lesión dominante, el acné se agrupa en: no inflamatorio (comedónico) e inflamatorio (papulopustuloso), nódulo-quístico y formas especiales: conglobata, queiloideo y fulminans. [9] . Es fundamental distinguir las lesiones inflamatorias de las no inflamatorias, así como identificar las lesiones dominantes. ver tabla1.

Tabla 1. Tipos de lesiones en el acné.

LESIONES NO INFLAMATORIAS	LESIONES INFLAMATORIAS SUPERFICIALES	LESIONES INFLAMATORIAS PROFUNDAS	LESIONES RESIDUALES
<ul style="list-style-type: none"> • Comedones cerrados (microquistes) • Comedones abiertos (puntos negros o barrillos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Pápulas • Pústulas 	<ul style="list-style-type: none"> • Nódulos • Quistes • Máculas 	<ul style="list-style-type: none"> • Hiperpigmentación • Cicatrices



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2.2.2 DERMATITIS ATOPICA

La dermatitis atópica se manifiesta como un eccema crónico provocando picazón y enrojecimiento de la piel afectando los pliegues, mejillas, párpados, cuello y manos principalmente. Asimismo, Se puede definir como una alteración del sistema inmunológico como respuesta de la piel a estímulos alérgicos e irritantes, las personas que la padecen tienden a producir en exceso inmunoglobulina E. Además, La dermatitis atópica es una serie de anomalías y lesiones cutáneas que aparecen en los individuos. Estos síntomas clínicos típicos de la dermatitis atópica generalmente se dividen en tres etapas, llamadas bebés, niños y adultos. Además, no hay una diferencia significativa con el género.[10].



Figura 3. Dermatitis atópica[11]

2.2.3 HERPES ZOSTER

El herpes zóster se considera una patología infecciosa, aguda que se genera por la reaparición del virus de la varicela-zóster (VZV) el mismo virus causante de la varicela. Los síntomas del herpes zoster son picazón, dolor, ardor, entumecimiento y hormigueo, asimismo causa una erupción con sarpullido rojo que aparece días después del dolor. Aunque el herpes zóster se puede manifestar en cualquier parte del cuerpo, la mayoría de las veces aparece como una sola franja de ampollas que envuelve el lado izquierdo o derecho del torso, es poco frecuente en los niños y muy raro en los lactantes, es contagioso y hay que evitar la exposición en pacientes inmunodeprimidos[12], Además Puede ser recurrente en sujetos con alteraciones inmunitarias graves en la figura 4 se observa un paciente con herpes zoster.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 4. Herpes zoster [13]

2.2.4 URTICARIA

La urticaria, también denominada sarpullido, es una reacción cutánea que causa ronchas rojizas que producen picazón, generalmente causado por una reacción alérgica a un medicamento o alimento además de otras posibles causas como infecciones y estrés, además el tamaño varía desde manchas pequeñas hasta manchas grandes, esta enfermedad es uno de los motivos de consulta más frecuentes en la consulta médica, Por lo general, desaparece por sí solo, pero puede requerir medicamentos o una inyección. En casos raros, la urticaria puede producir una inflamación peligrosa de las vías respiratorias y complicar la respiración. Según el cuadro clínico se agrupa en urticaria propiamente dicha, dermatografismo y edema angioneurótico, por su origen, en inmunitaria y no inmunitaria, y de acuerdo con su evolución, en aguda o crónica[14] .Ver tabla 2



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 5. Paciente con urticaria [15]

Tabla 2. Clasificación de urticaria.

INDUCIBLE		ESPONTÁNEA		
URTICARIAS FÍSICAS	URTICARIAS "QUÍMICAS"	OTRAS	AGUDA	CRÓNICA
DERMOGRAFISMO SINTOMÁTICO (URTICARIA FACTICIA)	COLINÉRGICA		APARICIÓN ESPONTÁNEA DE RONCHAS, ANGIOEDEMA O AMBOS DE MENOS DE SEIS SEMANAS O SIN CONOCIMIENTO DE LA CAUSA.	APARICIÓN ESPONTÁNEA DE RONCHAS, ANGIOEDEMA O AMBOS DE MÁS DE SEIS SEMANAS O SIN CONOCIMIENTO DE LA CAUSA.
URTICARIA POR FRÍO (POR CONTACTO CON FRÍO)	POR CONTACTO			
URTICARIA RETARDADA POR PRESIÓN (POR PRESIÓN)	AQUAGÉNICA			
URTICARIA SOLAR				
URTICARIA POR CALOR (POR CONTACTO POR CALOR) ANGIOEDEMA POR VIBRACIÓN				



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2.2.5 VITILIGO

El vitíligo es una enfermedad pigmentaria que causa una alteración en la piel debido a la, destrucción selectiva parcial o completa de melanocitos, que afecta piel y mucosas, las áreas afectadas generalmente se van expandiendo con el tiempo, esta patología puede afectar cualquier parte del cuerpo también puede afectar el interior de la boca y el cabello que estos están determinados por la melanina. esta destrucción se debe a un problema inmunológico. que ocurre cuando el sistema inmunológico que normalmente protege al cuerpo contra las infecciones, ataca y destruye el tejido corporal sano. Esta patología tiene una incidencia del 1% en la población general. El Vitíligo afecta a todas las razas y sexos por igual, y aunque la repercusión máxima ocurre en la tercera década de la vida, el 50% de casos ocurren antes de los 20 años[16].



Figura 6. Vitíligo en espalda y brazo[17].

2.2.6 MELANOMA

El melanoma es un tipo de cáncer de piel que generalmente es el más peligroso, se produce en las células que originan melanina (melanocitos) el pigmento que le da color a la piel, esta enfermedad afecta la piel. 90%, ojos 9% y membranas mucosas 1 .%, es curable en las primeras etapas, pero si no se trata adecuadamente, desarrolla metástasis linfáticas que



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



conducen a una alta mortalidad. Es la principal causa de muerte por enfermedades de la piel. El riesgo de desarrollar melanoma parece estar aumentado en personas menores de 40 años, especialmente en mujeres, también se reconocen Clínicamente es tos tipos de melanoma que son: el lentigo maligno, el melanoma lentigo maligno, el melanoma de extensión superficial, melanoma “nodular”, melanoma acral lentiginoso, melanoma amelánico, y el melanoma de mucosas y del sistema nervioso central o de vísceras [18]



Figura 7. Melanoma nodular [19]

2.2.7 LESION VASCULAR

Los angiomas son tumores que no son cancerosos. Están formados por pequeños vasos sanguíneos. Aparecen en la superficie de la piel y se pueden encontrar en cualquier parte del cuerpo. Los angiomas están asociados con el envejecimiento y son más comunes en personas mayores de 30 años y más comunes en personas mayores. Se desconoce su causa exacta, pero algunas personas pueden ser más propensas a ellos debido a una predisposición genética. A menudo están relacionados con la edad y también están asociados con la exposición a sustancias químicas, afecciones médicas específicas y algunas que ocurren durante el embarazo.[20].



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



FIGURA 8. Angioma de cereza [21]

2.3 CONCEPTOS DE IMÁGENES

Los seres humanos somos principalmente criaturas visuales, además dependemos en gran medida de nuestra visión para dar sentido al mundo que nos rodea. No solo miramos las cosas para identificarlas y categorizarlas, sino que también podemos buscar diferencias y tener una idea general aproximada de una escena con una mirada rápida. Los seres humanos hemos desarrollado la capacidad de tener visión. Por lo tanto, podemos distinguir los colores, identificar una cara inmediatamente, procesar grandes cantidades de información visual muy rápidamente. Una imagen representa algo dentro de estas podemos encontrar: una foto de un animal, una persona, el resultado de imágenes médicas, o una escena al aire libre.

2.3.1 Imágenes e imágenes digitales

La imagen se puede definir como una función de dos dimensiones, $f(i, j)$, donde i y j son las coordenadas espaciales y la amplitud de f en cualquier par de coordenadas (i, j) que se llama intensidad o nivel de gris de la imagen en ese punto. Por otra parte, una imagen digital puede considerarse como una gran variedad de puntos discretos, por lo tanto, Estos puntos se denominan elementos de imagen, o simplemente píxeles.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2.3.2 TIPOS DE IMÁGENES

2.3.2.1 Imágenes RGB

Una imagen RGB, también conocida como imagen de color verdadero, se guarda como una matriz de datos de $m \times n \times 3$ que define la cantidad de componentes en rojo, verde y azul para cada píxel individual. El color de cada píxel se determina combinando las intensidades de rojo, verde y azul almacenadas en cada plano de color de la ubicación del píxel. Los formatos de archivos gráficos almacenan imágenes RGB como imágenes de 24 bits, donde los componentes rojo, verde y azul son de 8 bits cada uno. Esto ofrece un potencial de 16 millones de colores. La precisión con la que se pueden representar imágenes reales es la razón por la que se denominan “imágenes de color verdadero”[22]. En la figura 10 se observa una imagen en formato RGB.

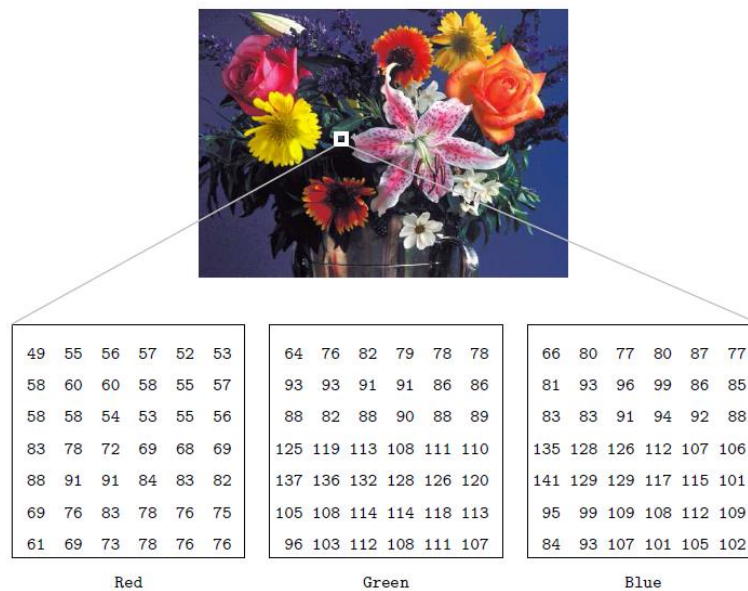


Figura 9. Imagen RGB[23]



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2.3.2.2 Imágenes en escala de grises

Cada píxel tiene un tono de gris, normalmente de 0 (negro) a 255 (blanco). Este rango significa que cada píxel se puede representar por ocho bits, o exactamente un byte. Estas imágenes son muy utilizadas en la medicina especialmente en los rayos (rayos X) de hecho 256 diferentes niveles de gris son suficientes para el reconocimiento de la mayoría de los objetos naturales. En Matlab se utiliza la matriz que puede ser de clase double, uint8 o uint16 [24]. En la figura 10 se observa una imagen en escala de grises.



Figura 10. Imagen en escala de grises[25]

2.4 PROCESAMIENTO 2D

2.4.1 BINARIZACIÓN

La binarización de una imagen es un método que consiste en escanear la matriz de una imagen digital con el fin de reducir su información, de manera que el proceso resultante reduzca la escala de grises donde solo existen 2 valores, donde cada píxel es solo blanco (1) o negro (0). Por lo tanto, estas imágenes pueden ser muy eficientes en términos de almacenamiento, en la figura 11 se observa una patología de vitiligo localizada en la cara donde el 1 representa el blanco y cero el negro en la imagen binarizada.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

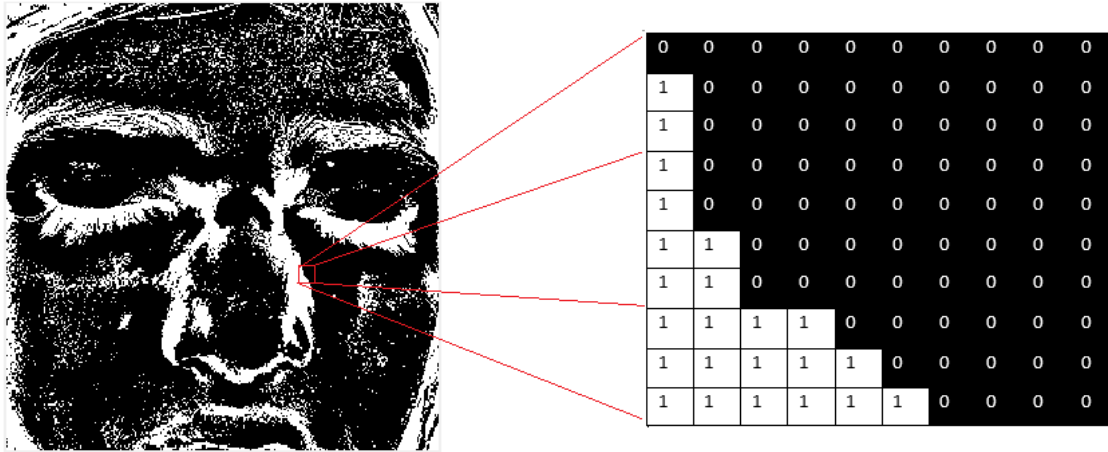


Figura 11. Valores de pixeles en una imagen binaria. Elaboración propia.

2.4.2 UMBRALIZACION

La umbralización es uno de los métodos de segmentación más importantes aplicados al procesamiento de imágenes. El objetivo de esta técnica es convertir una imagen en escala de grises en una nueva imagen con solo dos niveles, de modo que los objetos queden aislados del fondo. Una forma de separar el objeto del fondo es elegir un umbral de intensidad T que separe los dos conjuntos. De esta forma cualquier punto (x, y) donde $f(x, y) > T$, pertenecerá al objeto, de lo contrario pertenecerá al fondo, en la figura 12 se pueden ver 4 ejemplos de umbralización de imágenes aplicando distintos valores.

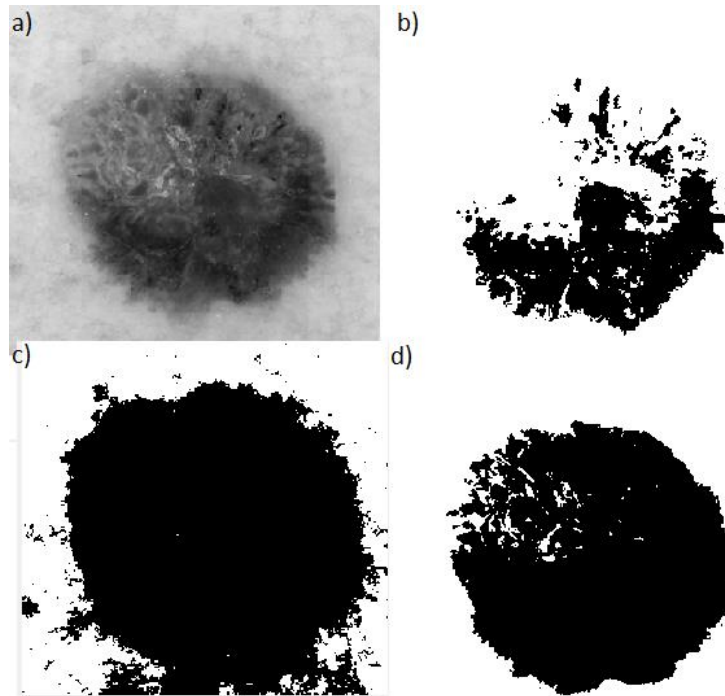


Figura 12. a) Melanoma a 256 niveles de gris; b) Melanoma con un umbral bajo; c) Melanoma con un umbral alto; d) Melanoma con un umbral intermedio. Elaboración propia.

2.4.1.1 Método de otsu

El método de otsu nombrado así en honor a Nobuyuki otsu, quien lo inventó en 1979, este elige un umbral que minimiza la varianza intraclase del umbral de píxeles en blanco y negro. El umbral global se puede utilizar para convertir imágenes en escala de grises en imágenes binarias [26]

2.4.1.1 Umbral adaptativo

La umbralización adaptativa permite elegir un valor de umbral que se calcula o se modifica en función de las características locales del entorno evaluado, lo que nos permitirá segmentar imágenes con fondos de distintos niveles de gris o iluminación no homogénea. En la figura 13 se observa el ejemplo de una imagen de una de dermatitis con fondo no uniforme.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

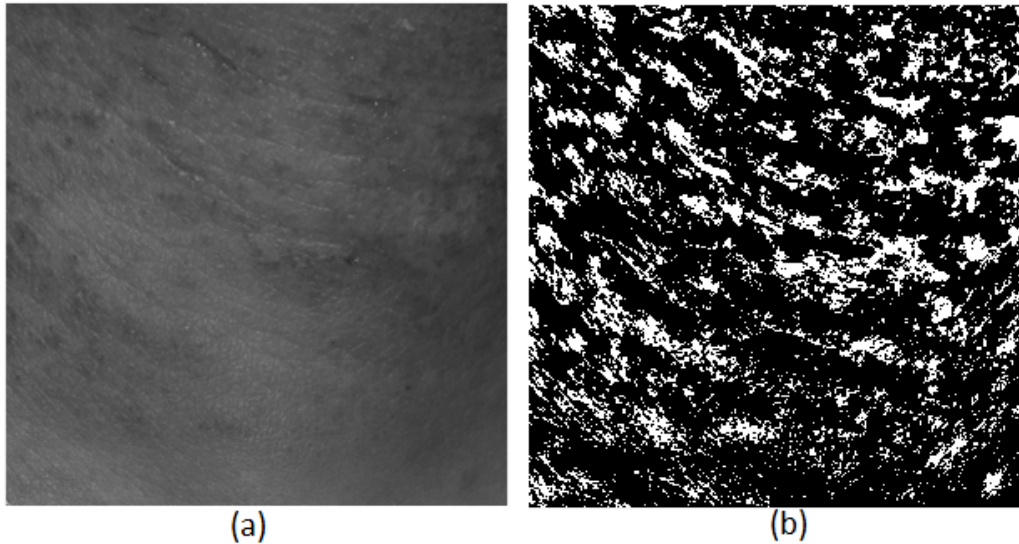


Figura 13. a) imagen original; b) imagen binarizada con umbral adaptativo.

2.4.3 DETECCION DE BORDES

2.4.3.1 ALGORITMO DE CANNY

En el campo del procesamiento de imágenes digitales, la detección de bordes de una imagen es sumamente importante y útil, ya que facilita muchas tareas, entre las que se encuentran, la segmentación de regiones, el reconocimiento de objetos. El algoritmo de canny Fue desarrollado por John F. Canny en 1986, utilizando un algoritmo de varias etapas para detectar una serie de bordes en una imagen. Esta se basa en la teoría computacional de la detección de bordes por consiguiente se considera como uno de los mejores métodos de detección de bordes, con el fin de reducir significativamente los datos en una imagen, conservando sus propiedades estructurales, ver figura 14.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

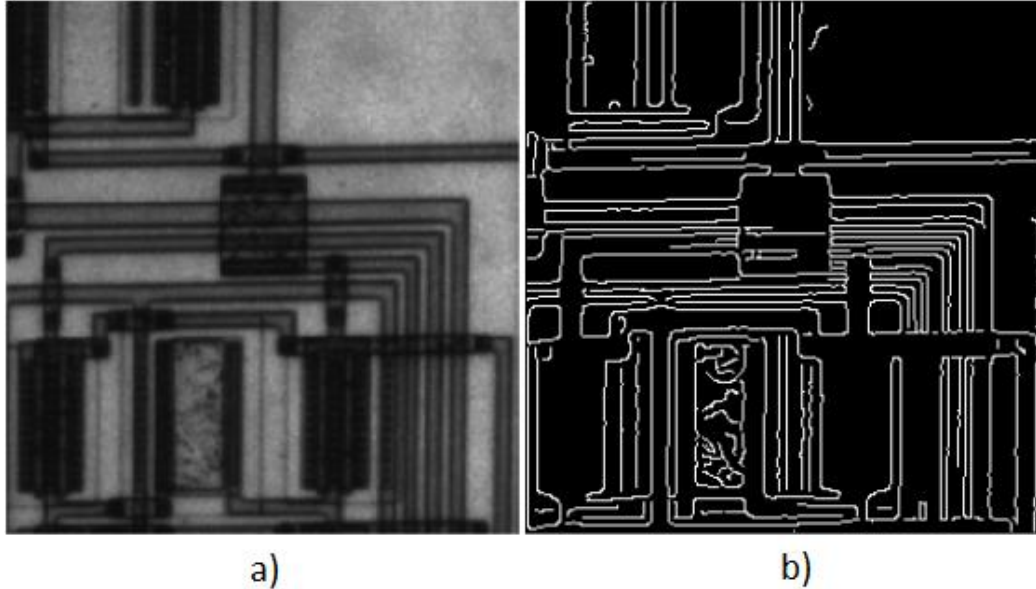


Figura 14. a) imagen original; b) método de canny [27]

2.4.3.1.1 criterios del algoritmo de canny

Jonh F. Canny baso este método enfocándose en 3 criterios principales que son:

- Criterio de buena detección: el algoritmo debe definir el mayor número de reales como sea posible en los bordes de la imagen.
- Criterio de Buena localización: - los bordes de marca deben estar lo más cercano posible del borde de la imagen real.
- Criterio de respuesta mínima: El borde de la imagen solo debe marcarse una vez y, si es posible, el ruido en la imagen no debe crear bordes falsos.

2.4.3.1.2 Fases del algoritmo de Canny:

Algoritmo de detección que Canny se ejecuta en 5 etapas separadas estas son:

Suavizar: Desenfoca la imagen para eliminar el ruido. Para esto se aplica un filtro de gauss con una desviación estándar de $\sigma = 1,4$ [28]., ver ecuación 1



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



$$B = \frac{1}{159} \begin{vmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{vmatrix} * A \quad (1)$$

Encontrar gradientes: los bordes deben estar marcados en los gradientes de la imagen de magnitudes grandes.

$$K_{GX} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$K_{GY} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

La magnitud del gradiente se puede identificar como una medida de la distancia euclidiana aplicando la Ley de Pitágoras, como se observa en la ecuación 4.

$$|G| = \sqrt{G_X^2 + G_Y^2} \quad (4)$$

Simplificando mediante la aplicación de medida de distancia Manhattan se obtiene ver ecuación 5:

$$|G| = \sqrt{|G_X| + |G_Y|} \quad (5)$$

Donde

$$\theta = \arctan\left(\frac{|G_Y|}{|G_X|}\right) \quad (6)$$

No supresión máxima: Solo los máximos locales se marcan como bordes.

Umbralización doble: Los posibles bordes deben determinarse mediante umbralización.

Seguimiento por histéresis: Los bordes finales se determinan eliminando todas las aristas no conectados con un borde muy sólido



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2.4.3.2 MÉTODO SOBEL

El operador Sobel es un método de detección de bordes. Técnicamente, es un operador diferencial discreto que se acerca al gradiente de la función de intensidad de una imagen. Para cada punto de la imagen procesada, el resultado del operador de Sobel es tanto el vector de gradiente correspondiente como la norma de este vector, ver figura 15.



Figura 15. A) Imagen original; B) Método de sobel. Elaboración propia.

Es posible practicar una convolución de la imagen original $f(m,n)$ utilizando una máscara MM de $3 \times 3 \times 3$ siguiendo la definición, ver ecuación 7:

$$M = \begin{bmatrix} M_{1,1} & M_{1,2} & M_{1,3} \\ M_{2,1} & M_{2,2} & M_{2,3} \\ -M_{3,1} & M_{3,2} & M_{3,3} \end{bmatrix} \quad (7)$$

En particular, para el operador de Sobel M_{Sobel} es habitual utilizar las expresiones:

$$M_{Sobel} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Donde el primer arreglo se utiliza para obtener ∇_m y el segundo ∇_n .

Si el bloque de la imagen original $f(m,n)$, para la dimensión de la máscara (3×3)



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



es $B(k,l)B(k,l)$ con $k \in [m-\Delta m, m+\Delta m]$ $k \in [m-\Delta m, m+\Delta m]$ y $k \in [n-\Delta n, n+\Delta n]$

$$\nabla_m = (B_{1,3} + 2B_{2,3} + B_{3,3}) - (B_{1,1} + 2B_{2,1} + B_{3,1}) \quad (9)$$

$$\nabla_n = (B_{3,1} + 2B_{3,2} + B_{3,3}) - (B_{1,1} + 2B_{1,2} + B_{1,3}) \quad (10)$$

La aplicación de la técnica de detección y resaltado de bordes, esquinas y contornos por medio del método de sobel consiste en realizar la convolución utilizando la expresión, y luego al resultado aplicar un criterio de umbralamiento por medio de un parámetro P_{Sobel} de modo que [29]:

$$M_{Sobel} \otimes f(m,n) = \begin{cases} 1 & |\nabla[f(m,n)]| > P_{Sobel} \\ 0 & |\nabla[f(m,n)]| \leq P_{Sobel} \end{cases} \quad (11)$$

2.4.4 TEXTURAS

El análisis de texturas se refiere a la caracterización de regiones de una imagen en función de su contenido de textura. Este análisis de texturas intenta cuantificar las cualidades intuitivas descritas por términos como áspero, suave, liso o irregular en función de la variación espacial en las intensidades de píxeles. En este sentido, la rugosidad o bache se refiere a variaciones en los valores de intensidad, o niveles de gris. El análisis de texturas se utiliza en una variación de aplicaciones que incluyen la teledetección, el procesamiento de imágenes médicas y la inspección automatizada. Por lo tanto, se puede utilizar para encontrar los límites de textura, denominados segmentación de texturas. El análisis de texturas puede ser útil cuando los objetos de una imagen se caracterizan más por su textura que por la intensidad, y las técnicas de umbral tradicionales no se pueden utilizar de forma eficaz.

2.4.4.1 RANGEFILT (Rango local de imagen)

Devuelve la matriz, donde cada píxel de salida contiene el valor de rango (valor máximo - valor mínimo) de la vecindad 3 por 3 alrededor del píxel correspondiente en la imagen de entrada [31]. en la figura 16 se observa la aplicación de texturas con la función rangefilt a un paciente con acné en la espalda.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

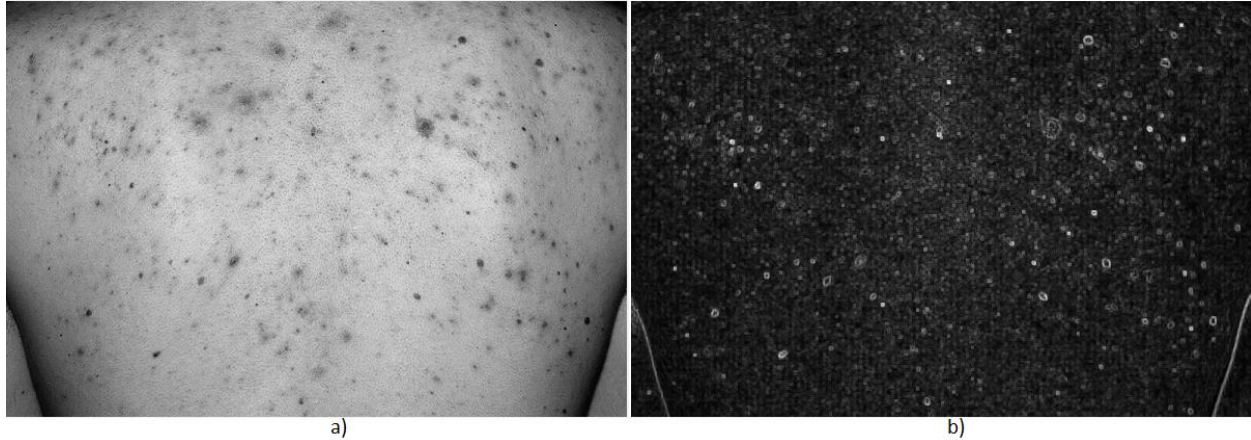


Figura 16. A) Imagen original; B) textura rangefilt. Elaboración propia.

2.5 PROCESAMIENTO 1D

2.5.1 vectorizar imagen

Los humanos capturan datos de la realidad a través de nuestros sentidos, en cambio las maquinas obtienen datos a través de números y arreglos llamados vectores. Por lo tanto, la vectorización de una imagen es una técnica que modifica una imagen que está formada por píxeles, en una imagen vectorial que contiene coordenadas de puntos y líneas para el aprendizaje de la inteligencia artificial. En la figura 17 se observa un ejemplo de vectorización de una imagen en escala de grises.

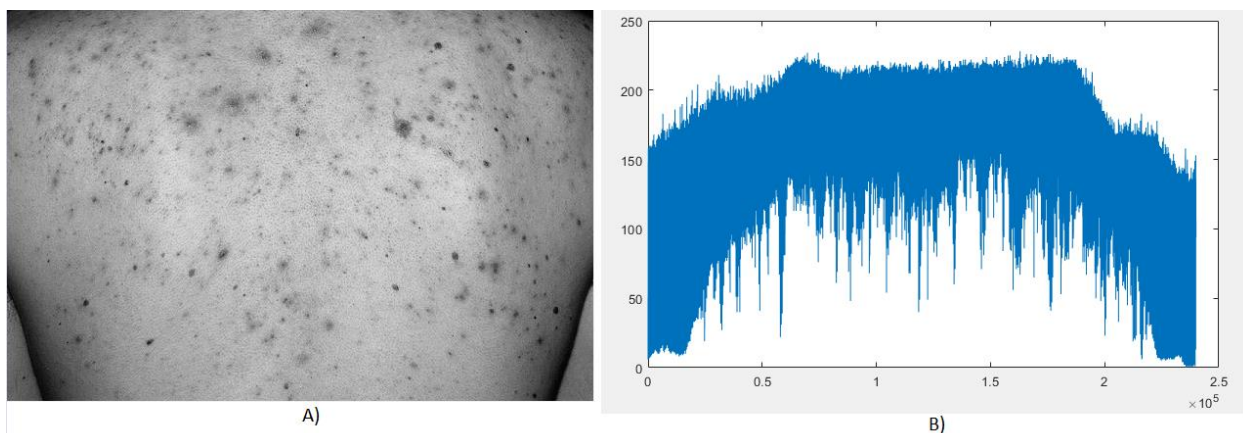


Figura 17. A) Imagen original; B) Imagen vectorizada. Elaboración propia.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2.5.2 Transformada rápida de Fourier

La fft es un algoritmo desarrollado por J. W. Cooley y J. W. Tukey, en 1965 para el cálculo de la DFT. Con el objetivo de reducir el tiempo necesario para calcular los componentes de frecuencia de una señal reduciendo el número de multiplicaciones y sumas relacionado al algoritmo original, por lo tanto, su tiempo de cálculo es de n^2 pasos a $n \cdot \log_2(n)$. debido a que la FFT impone ciertos límites a la señal y al espectro resultante porque la señal muestreada y convertida debe constar de un número de muestras igual a la potencia de dos. Por lo tanto esta sería la única condición, y es que el número de puntos en la serie tiene que ser una potencia de 2 (2^n puntos), por ejemplo 32, 1024, 4096[31], la fft es de gran importancia en una amplia variedad de aplicaciones, especialmente en el tratamiento digital de señales

La ecuación que MATLAB calcula la transformada rápida de Fourier $Y = \text{fft}(x)$ es:

El algoritmo FFT impone ciertos límites a la señal y al espectro resultante porque la señal muestreada y convertida debe constar de un número de muestras igual a la potencia de dos.

$$y(k) = \sum_{j=1}^n X(j) W_n^{(j-1)(k-1)} \quad (12)$$

La fft usa las propiedades de periodicidad y simetría de la matriz w Cuando:

$$W_n = e^{(-2\pi i)/n} \quad (13)$$

Por lo tanto, es conveniente trabajar con n múltiplo de 2 o n par.

2.5.3 DCT

La transformada discreta del coseno (DCT) usa solo componentes coseno, esta surgió como el método de elección para muchos sistemas de compresión digital. En particular, la compresión de imágenes fijas JPEG y de TV de alta definición se basan en DCT, como, así como importantes estándares de codificación de audio como MP3 [32], está estrechamente relacionada con la transformada discreta de Fourier. A menudo, puede reconstruir una secuencia con mucha precisión a partir de unos pocos coeficientes DCT. Esta propiedad es



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



útil para aplicaciones que requieren reducción de datos. Teniendo la ventaja de concentrar una gran parte de la información o energía de la imagen en unos pequeños números de componentes de frecuencia, lo que la convierte en una buena opción para la codificación.

La DCT en una dimensión para un bloque de N muestras Se define como ver ecuación 14

$$y(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} c_k \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos\left(\frac{(2n+1)K\pi}{2N}\right) \quad (14)$$

$$K=0,1,\dots,N-1.$$

donde La constante C_k se define como

$$c_k = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & : k = 0 \\ 1 & : k \neq 0 \end{cases} \quad (15)$$

2.6 EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

2.6.1 ENTROPÍA

Es una magnitud física que mediante su cálculo permite determinar la parte de la energía que no puede utilizarse para producir trabajo, Por lo tanto, la entropía mide la incertidumbre de la señal apropiada para detectar cambios en la distribución de la señal que se reflejen principalmente en la amplitud. Esta técnica permite establecer áreas de interés de la señal trabajada ver ecuación 16.

$$E = \sum_{i=1}^n s_i^2 \times \log_2 s_i^2 \quad (16)$$

Donde:

E= Resultado de la entropía

S_i= Señal original



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2.6.2 WALEVELET

El uso de la Transformada Wavelet para extracción de características tiene excelentes propiedades para la compresión de datos. La Transformada Wavelet Discreta (DWT) transforma un vector de datos de longitud n en otro vector de coeficientes wavelets de longitud n , utilizando un grupo de n funciones bases ortogonales llamadas wavelets. Cada coeficiente wavelet se calcula por el producto escalar del vector de datos por una de las funciones base. El conjunto de las funciones base se deriva a partir de una única función (frecuentemente llamada "Wavelet Madre") por una serie de dilataciones y traslaciones[33].

La DWT de una señal x se calcula pasándola a través de una serie de filtros. Primero, las muestras se pasan a través de un filtro de paso bajo con una respuesta de impulso g que da como resultado una convolución de los dos:

$$y[n] = (x * g)[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] g[n - k] \quad (17)$$

La señal también se descompone simultáneamente utilizando un filtro de paso alto h . Las salidas dan los coeficientes de detalle (del filtro de paso alto) y los coeficientes de aproximación (del paso bajo). Es importante que los dos filtros estén relacionados entre sí y se les conoce como filtro de espejo en cuadratura. A partir de una señal s de longitud N , se calculan dos conjuntos de coeficientes: coeficientes de aproximación cA_1 y coeficientes de detalle cD_1 , ver figura 18

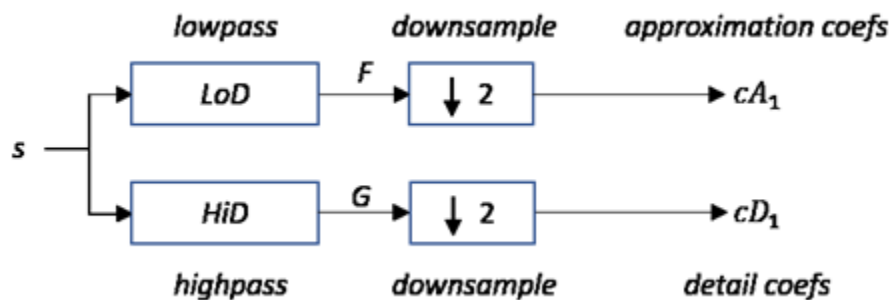


Figura 18. Diagrama de bloques del análisis de filtros[34]

2.7 clasificación

2.7.1 Máquinas de vectores de soporte (VSM)

Las máquinas de soporte de vectores (SVM) fue desarrollada en 1995 por el ruso vladimir vapnik y el quipo AT&T, esta inteligencia artificial es utilizada generalmente para resolver problemas de regresión y clasificación. Las máquinas de soporte vectorial tienen abundantes aplicaciones, dentro de ellas están: reconocimiento imágenes, reconocimiento de dígitos, identificación de voz, reconocimiento de objetos y categorización del texto. Esto debido a su buen desempeño mostrando mejores resultados frente a otras inteligencias artificiales.

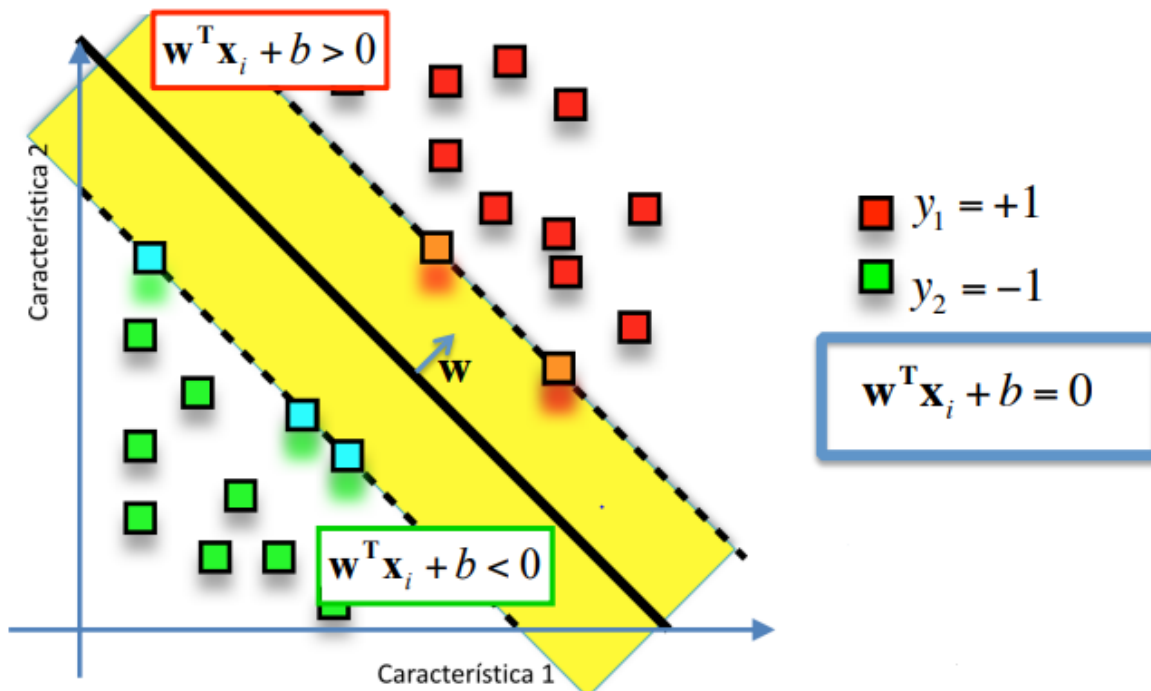


Figura 19. Separación de clases svm [35]



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



2.7.1.1 Kernel de Funciones de base radial

El kernel RBF viene dado por:

$$K(\mathbf{x}, \mathbf{x}') = \exp(-\gamma \|\mathbf{x} - \mathbf{x}'\|^2) \quad (18)$$

Donde γ es un parámetro positivo para controlar el radio, rescribiendo

$$K(\mathbf{x}, \mathbf{x}') = \exp(-\gamma \|\mathbf{x}\|^2) \exp(-\gamma \|\mathbf{x}'\|^2) \exp(2\gamma \mathbf{x}^\top \mathbf{x}') \quad (19)$$

Porque

$$\exp(2\gamma \mathbf{x}^\top \mathbf{x}') = 1 + 2\gamma \mathbf{x}^\top \mathbf{x}' + 2\gamma^2 (\mathbf{x}^\top \mathbf{x}')^2 + \frac{(2\gamma)^3}{3!} (\mathbf{x}^\top \mathbf{x}')^3 + \dots, \quad (20)$$

La función de decisión resultante está dada por

$$D(\mathbf{x}) = \sum_{i \in S} \alpha_i y_i \exp(-\gamma \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}\|^2) + b. \quad (21)$$



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

En este capítulo se muestran las 9 etapas que van desde la obtención de la base de datos hasta la elaboración de la interfaz como se puede observar en la figura 20, es importante resaltar que se trata de un tipo de investigación mixta donde intervienen múltiples factores que dan el soporte a la solución de cada una de las fases, en este desarrollo metodológico se integran etapas de pre procesamiento y clasificación que son necesarias en la elaboración del aplicativo, también para la extracción de características y la comparación de las enfermedades dermatológicas o patologías de la piel.

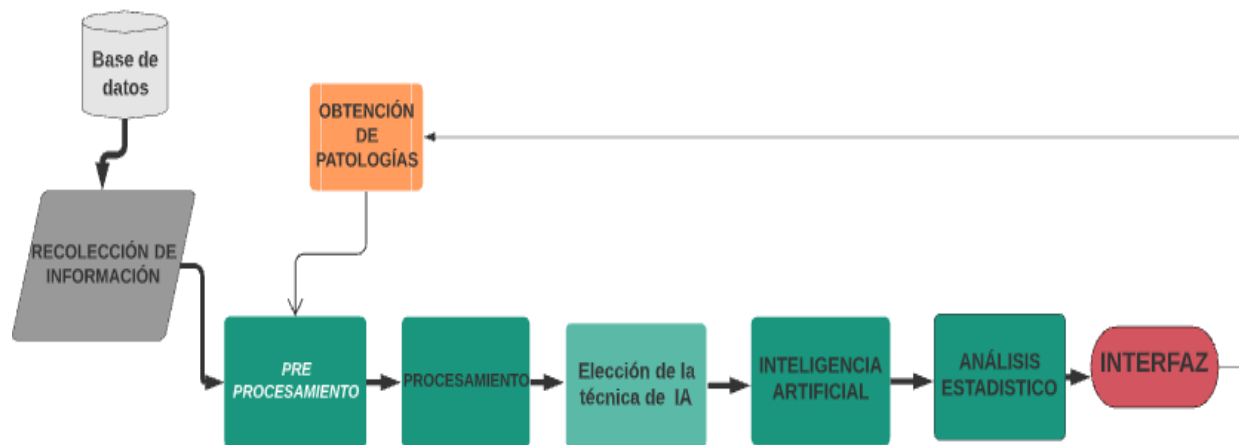


Figura 20. Estructura metodológica. Elaboración propia.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



3.1 Base de datos

En esta primera etapa se buscan las bases de datos en la web especializadas en enfermedades dermatológicas dentro de ellas encontramos 4 que son: Kaggle, DermNet NZ, DERMATOLOGY ATLAS, DERMATOWEB.NET, cabe aclarar que estas bases de datos se escogieron debido a que son uso gratuito con fines de enseñanza.

3.1.1 KAGGLE

Kaggle es una subsidiaria de Google, esta fue fundada por Anthony Goldbloom en 2010, es la plataforma de ciencia de datos más grande del mundo y ya cuenta con más de 1 millón de personas registradas, es una gran plataforma para estudiantes que aprendan y se desarrollen en el área de la ciencia de datos y el aprendizaje automático. Por lo tanto, tiene usuarios de diferentes campos como son: científicos de datos, estadísticos, y profesionales del aprendizaje automático, donde pueden encontrar y publicar datos además de participar con científicos e ingenieros en competencias para solucionar retos en ciencia de datos.

3.1.2 DermNet NZ

DermNet NZ es un sitio web de información sobre patologías dermatológicas, esta página cuenta con más de 20000 imágenes en alta calidad sobre diferentes afecciones en la piel, convirtiéndose en un recurso de renombre mundial sobre la piel. El sitio web es propiedad de DermNet New Zealand Trust. Se actualiza con frecuencia para proporcionar información, contando con el apoyo y la colaboración de dermatólogos de Nueva Zelanda en nombre de la Sociedad Dermatológica de Nueva Zelanda y voluntarios de todo el mundo, incluidos dermatólogos, estudiantes y otros profesionales de la salud.

3.1.3 DERMATOLOGY ATLAS

Este sitio web brasileño contiene alrededor de 11393 imágenes en alta calidad de enfermedades dermatológicas, todas las imágenes son de uso gratuito para fines no comerciales, esta página fue creada por Samuel Freire da Silva, M.D. en homenaje al Maestro y Profesor Delso Bringel Calheiros



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



3.1.4 DERMATOWEB.NET

Dermatoweb.net es una página en lenguaje español, que contiene más de 6500 fotografías en alta calidad de afecciones dermatológicas elaboradas por dermatólogos, su uso es libre con fines docentes.

3.2 Recolección de la información

En la base de datos kaggle se recolectaron 94 imágenes, DermNet NZ se recolectaron 26 imágenes, DERMATOLOGY ATLAS 15 imágenes, dermatoweb.net 75 imágenes para un total de 210 imágenes, por lo tanto 30 imágenes corresponden a cada patología que son: acné, dermatitis, herpes zóster, vitíligo, urticaria, melanoma, lesión vascular en figura 21 se observan las patologías organizadas en carpetas donde serán cargadas al software matlab.

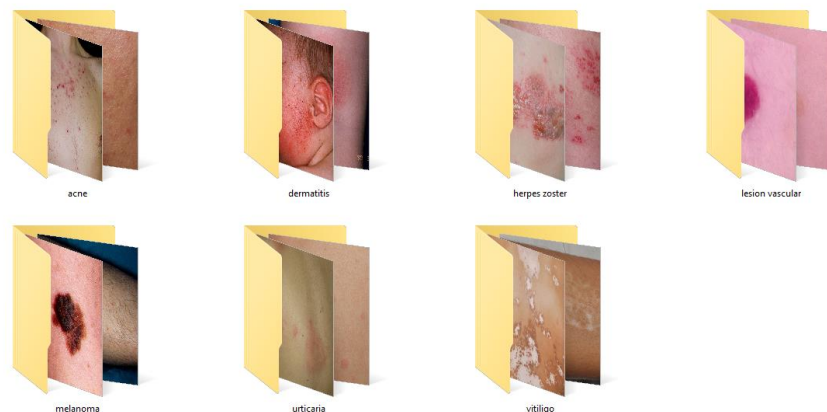


Figura 21. Recolección de la información. Elaboración propia.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



3.3 PRE PROCESAMIENTO

La etapa de preprocesamiento va desde la carga de la imagen al software Matlab hasta la etapa de recorte automático donde la imagen de la patología a color, se convierte a escala de grises y para posteriormente hacer el recorte ver figura 22.

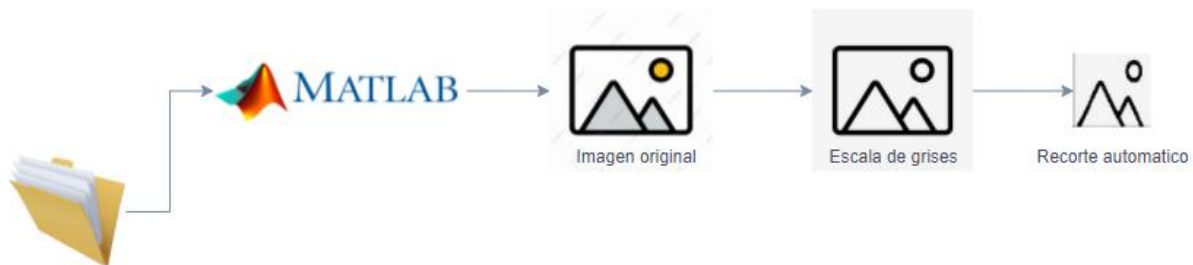


Figura 22. Diagrama de preprocesamiento. Elaboración propia.

Debido a que las diferentes patologías previamente almacenadas, presentan marcas de agua, además de tener diferentes dimensiones de imagen es necesario acondicionarlas a dimensiones de 300x300 píxeles, mediante un recorte automático, ver figura 23

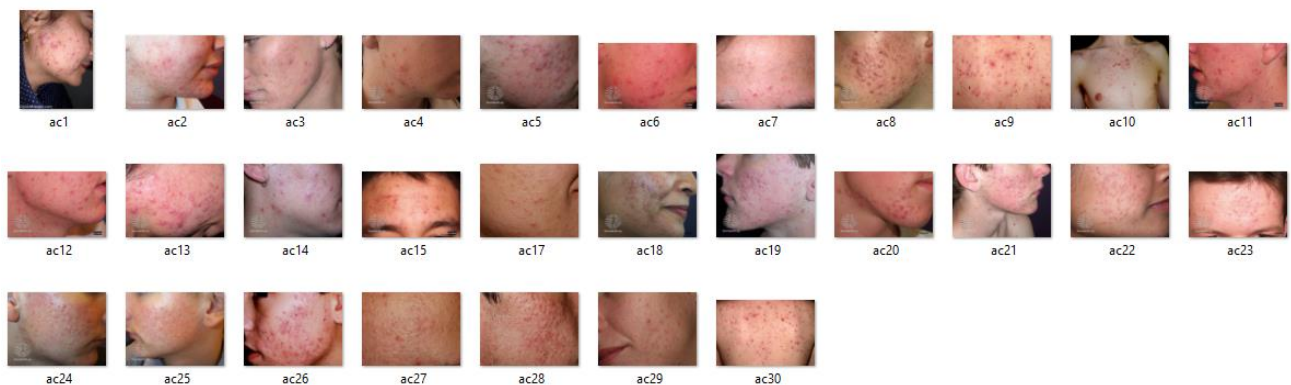


Figura 23. Patologías de acné. Elaboración propia.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



3.4 PROCESAMIENTO

En la etapa de procesamiento a las imágenes se les aplica dos tipos de procesamiento que son procesamiento 2D (dos dimensiones), y procesamiento 1D (1 dimensión).

3.4.1 Procesamiento 2D

En el procesamiento 2D se aplicaron 7 metodologías que son:

- Binarización utilizando el método de otsu
- Binarización utilizando un umbral adaptativo
- Detección de bordes mediante el algoritmo de canny
- Detección de bordes mediante el método sobel
- Segmentación de texturas usando la función (rangefilt)
- Transformada de Fourier 2D
- Transformada discreta del coseno 2D

Cada una de las metodologías, se les aplico a las 210 imágenes de las 7 diferentes patologías dermatológicas

3.4.1.1 Binarizado con el método de otsu

Se realizo el binarizado aplicando el método de otsu, utilizando la función del software matlab llamada graythresh, esta permite calcular un umbral global a la imagen encargándose de minimizar la varianza intraclase de los pixeles blanco y negro, en la figura 24 se observa la binarización de una patología de acné en escala de grises donde se le aplica el método de otsu.

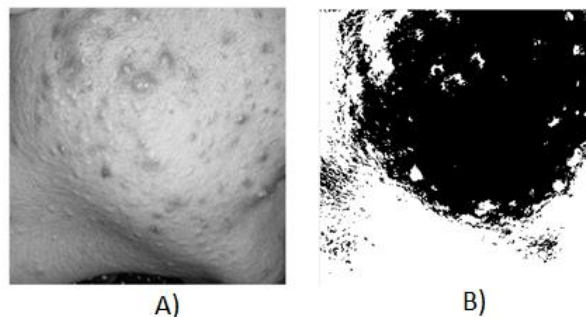


Figura 24. A) patología de acné en escala de grises ; B) imagen binarizada mediante el método de otsu. Elaboración propia.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



3.4.1.2 Binarizado con umbral adaptativo

En la figura 25 se observa la binarización de una patología de acné, utilizando el umbral adaptativo mediante la función de Matlab llamada `adattthresh`, esta permite calcular el umbral adaptable localmente ingresándole una sensibilidad entre un rango de [0-1], para imágenes en escala de grises por lo tanto se le asigno una sensibilidad de 0.55, debido a que se observó que este valor de sensibilidad es el que segmenta mejor las áreas afectadas de las 7 patologías dermatológicas trabajadas.

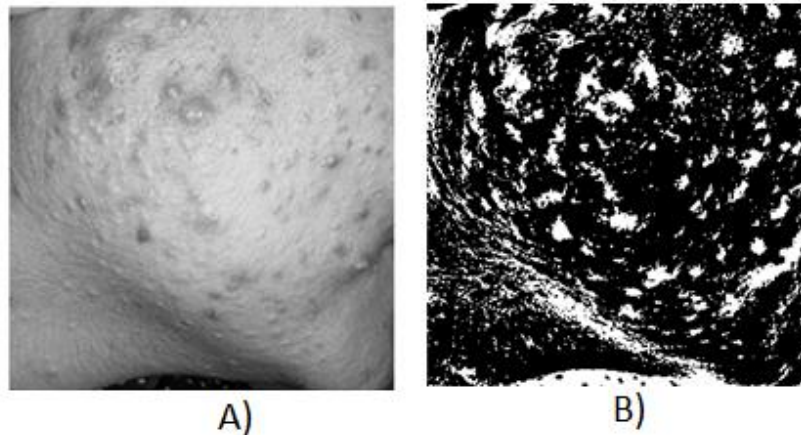


Figura 25. A) patología de acné en escala de grises ; B) imagen binarizada con umbral adaptativo. Elaboración propia.

3.4.1.3 Algoritmo de canny

En la figura 26 se observa la detección de bordes mediante el algoritmo de canny, a una patología de urticaria en niveles de gris, utilizando la función de matlab llamada `Edge` esta función permite la detección de bordes de imágenes. Por lo tanto, el algoritmo de canny busca detectar bordes utilizando la primera derivada de un filtro gaussiano. Además, esta utiliza dos umbrales para detectar bordes fuertes y frágiles.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

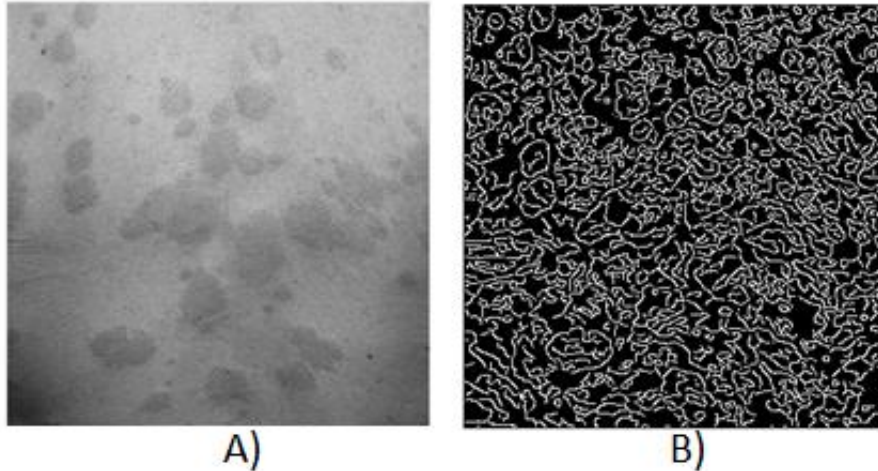


Figura 26. A) patología de urticaria en escala de grises ; B) detección de bordes utilizando el método de canny. Elaboración propia.

3.4.1.4 Método de sobel

En la figura 27, se observa la detección de bordes utilizando el método de sobel a una patología de urticaria en la espalda, igualmente se utilizó la función Edge de Matlab que permite calcular diferentes métodos. Asimismo, el método de sobel se encarga de detectar bordes en los puntos donde el degradado de la imagen es máximo.

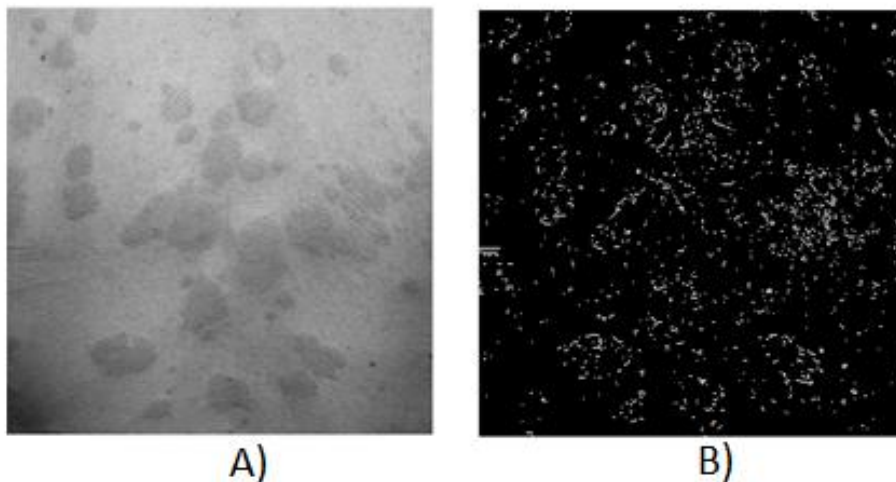


Figura 27. A) patología de urticaria en escala de grises ; B) detección de bordes utilizando el método de sobel. Elaboración propia.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



3.4.1.5 texturas (rangefilt)

En la figura 28 se observa la segmentación de texturas en una patología de lesión vascular, donde se utilizó la función llamada rangefilt (rango local de imagen), esta se encarga de filtrar la imagen donde, la función devuelve la matriz para cada píxel saliente contiene la valoración de rango máxima - valoración de rango mínima, entorno a él pixel correspondiente de la imagen de entrada

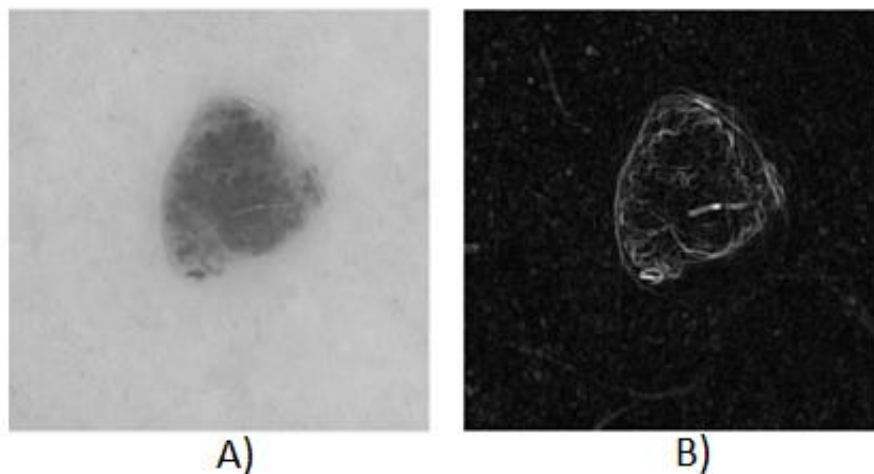


Figura 28. A) patología de lesión vascular en escala de grises ; B) análisis de texturas utilizando rangefilt. Elaboración propia.

3.4.1.6 Transformada de Fourier 2D

En la figura 29 se observa la aplicación de la transformada de Fourier a una patología de Herpes zóster en escala de grises, donde se utilizó la función de Matlab llamada fft2, esta función se encarga de transformar datos en 2 dimensiones en espacio de frecuencia



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

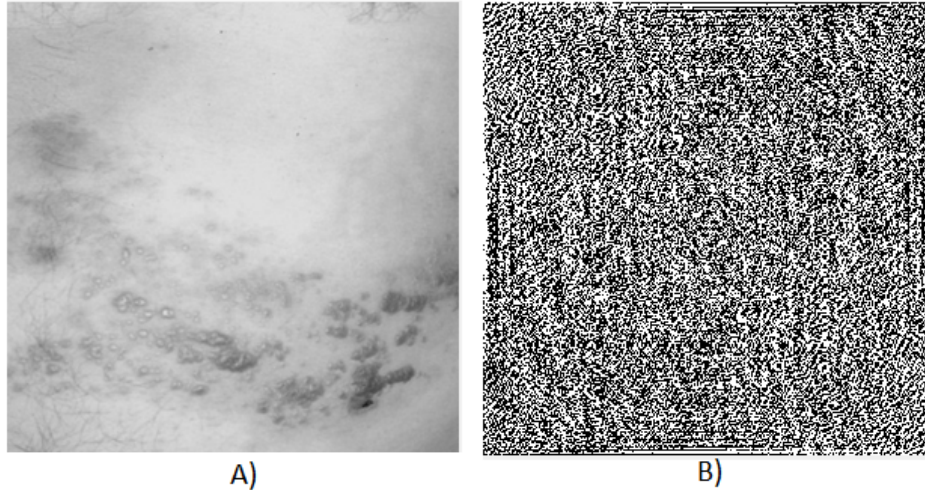


Figura 29. A) patología de Herpes zóster en escala de grises; B) Transformada de Fourier en 2D. Elaboración propia.

3.4.1.7 Transformada discreta del coseno 2D

En la figura 30 se observa la aplicación de la transformada del coseno a una patología de vitíligo en escala de grises, donde se utilizó la función de Matlab llamada dct2, (Transformación de coseno discreta 2-D), siendo esta una de las variantes más usadas dentro de la familia DCT

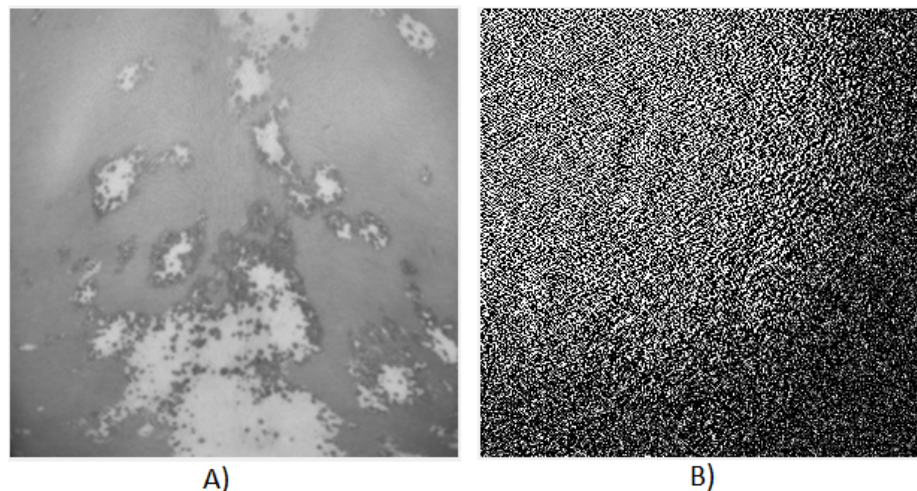


Figura 30. A) patología de vitíligo en escala de grises; B) Transformada discreta del coseno 2D. Elaboración propia.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



3.4.2 Procesamiento 1D

3.4.2.1 vectorizar imagen

Las imágenes previamente procesadas con diferentes técnicas deben ser convertidas a vectores debido a que las máquinas de vectores de soporte clasifican en una sola dimensión. En la figura 31 se observa el ejemplo de vectorización de una afección de urticaria. Estas patologías deben ser concatenadas en una matriz para extraer sus características y posterior clasificación, Debido a que cada imagen tiene una dimensión de 300x300 pixeles. Al vectorizar y concatenar se creará una una matriz de 210x90000 dimensiones

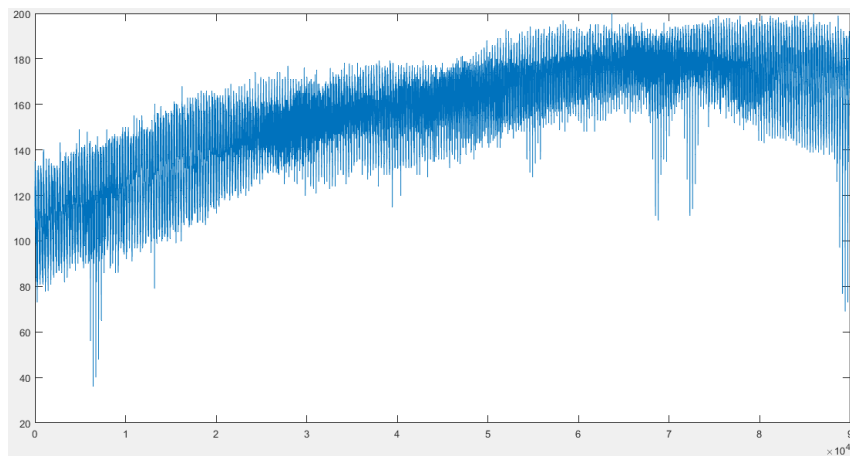


Figura 31. Patología de urticaria vectorizada. Elaboración propia.

3.4.2.2 Transformada rápida de Fourier

A la matriz en escala de grises se le aplica la transformada rápida de Fourier en una dimensión donde se aplican las siguientes ecuaciones

$$y(k) = \sum_{j=1}^n X(j)W_n^{(j-1)(k-1)} \quad (12)$$



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



$$W_n = e^{(-2\pi i)/n} \quad (13)$$

En la figura 32 se observa una imagen de melanoma vectorizada y procesada con la transformada rápida de Fourier

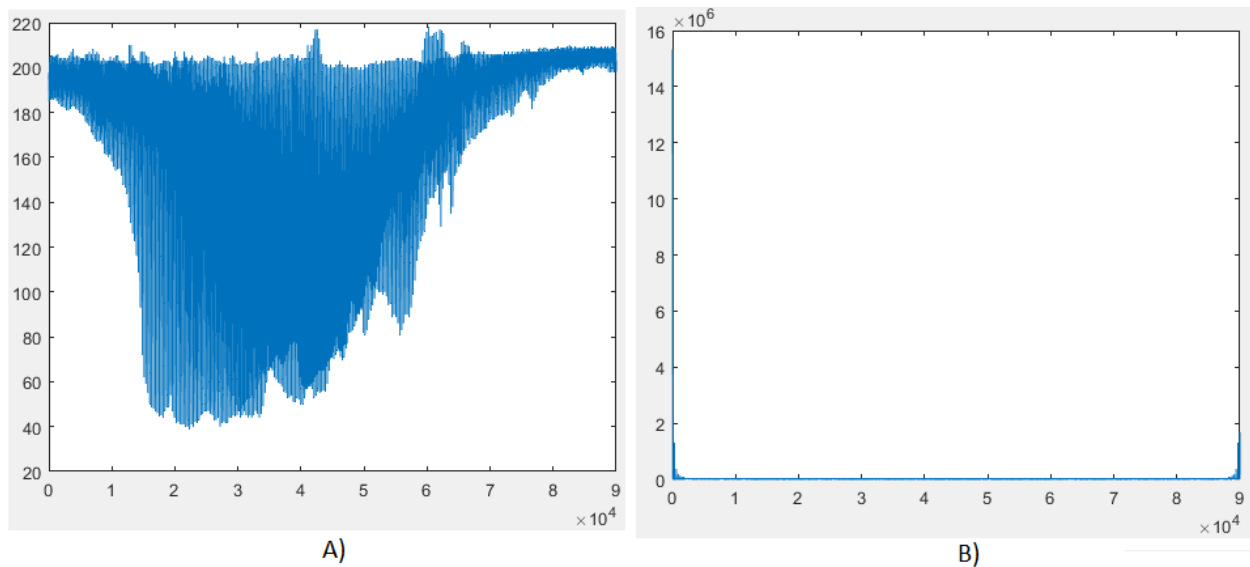


Figura 32. A) Imagen vectorizada de melanoma ; B). Procesado 1D aplicándole FFT. Elaboración propia.

3.4.2.2 Transformada discreta del coseno (DCT)

En la figura 33 se observa la aplicación de la transformada discreta del coseno (dct) a las 210 patologías



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

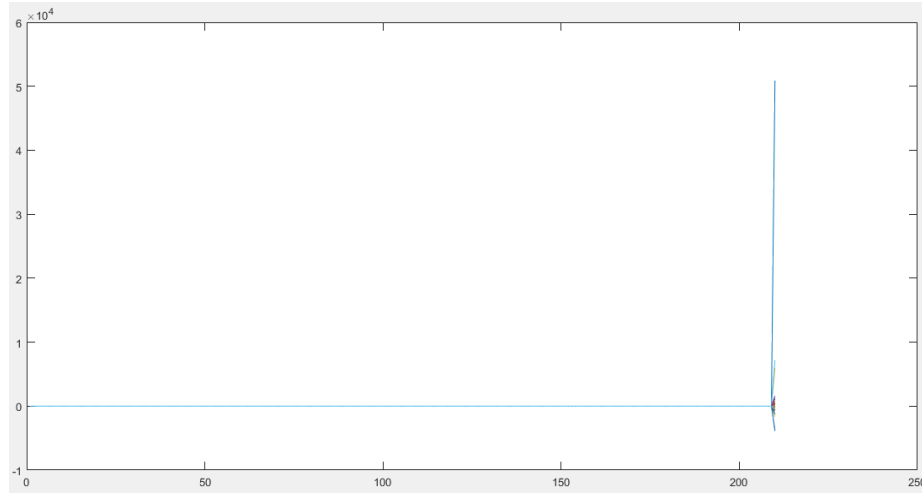


Figura 33. Transformada DCT a las 210 patologías. Elaboración propia.

3.4.2 Extracción de características

3.4.2.1 Wavelet

La transformada wavelet discreta tiene la finalidad de realizar la compresión de información conocido como downsampling (eliminación de muestras). Esto se realiza con el objeto de conservar la propiedad del teorema de Shannon y Nyquist de reconstrucción de datos [36]. En la Figura 34 se observa la aplicación de la transformada discreta wavelet dwt en un nivel usada para comprimir una patología de dermatitis atópica.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

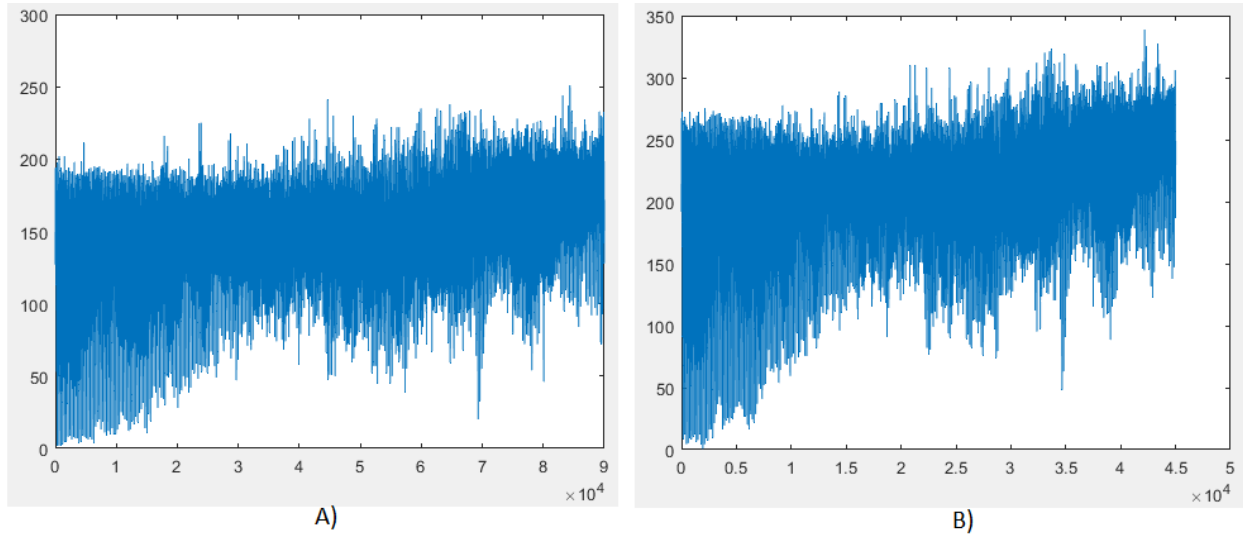


Figura 34. A) patología de dermatitis vectorizada en escala de grises; b) compresión de patología de dermatitis mediante 1 nivel de dwt. Elaboración propia.

3.4.2.2 Entropía

En la figura 35, se le aplica la entropía del 50% a la patología de dermatitis atópica usando una ventana de 2, previamente comprimida mediante la transformada discreta wavelet (dwt.), como se muestra en la figura 33. La entropía se utilizó con el fin de detectar cambios en la distribución de su señal reflejados en principalmente en la amplitud. También se le asignó un normalizado en un rango entre 0 a 5 con el fin de que todas las señales trabajadas presenten el mismo rango de amplitud.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co

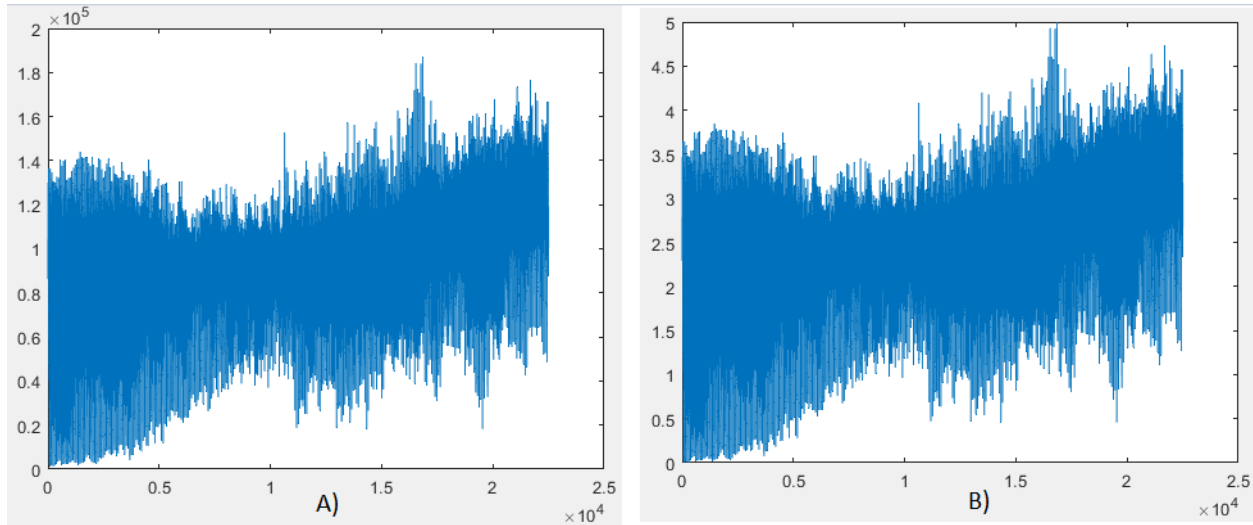


Figura 35. A) Aplicación de energía del 50% a patología de dermatitis; B) Normalización de patología de dermatitis con un rango de [0-5]. Elaboración propia.

3.5 Elección de la técnica de IA

Para este proyecto se seleccionó una máquina de vectores de soporte (VSM) con Kernel de base radial RBF, este kernel es de uso general y muy buenos resultados en la mayoría de los casos debido a que permite trabajar con clases que no son linealmente separables, ver figura 36

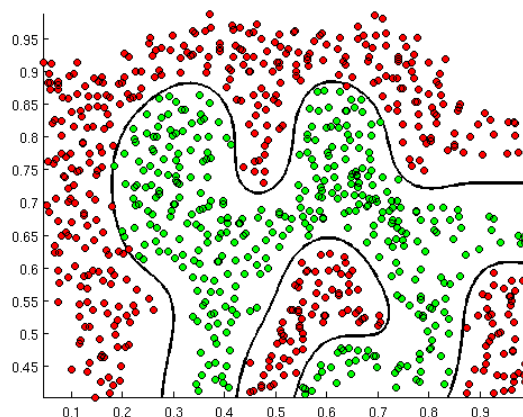


Figura 36. Separación de clases kernel RBF [37]



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

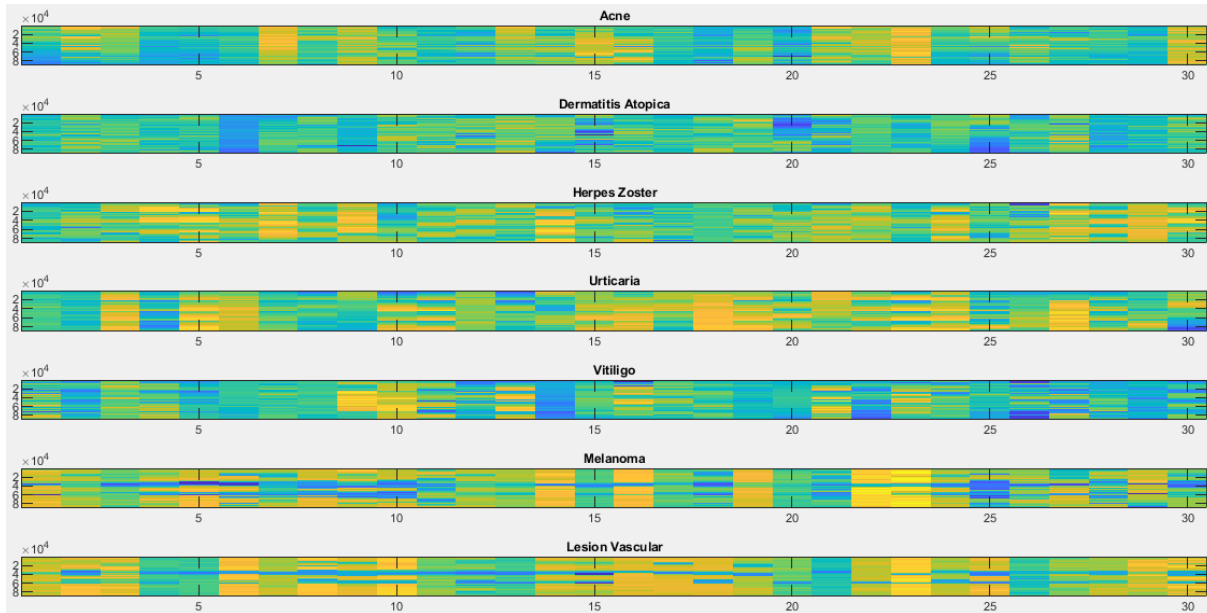


Figura 37. Imagen espectrografica de las patologias en escala de grises. Elaboración propia.

En este espectrograma en escala de grises se observan las diferencias de cada una de las patologías debido a que cada una tiene un comportamiento distinto y esto se debe a las componentes propias de cada una, entre ellas tenemos variables de crominancia, luminancia y intensidades de colores

3.6 Inteligencia artificial (IA)

A la máquina de soporte vectorial se le asignan los procesamientos en 2d y 1d así como las imágenes vectorizadas y concatenadas en escala de grises como se ve en la figura 38



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

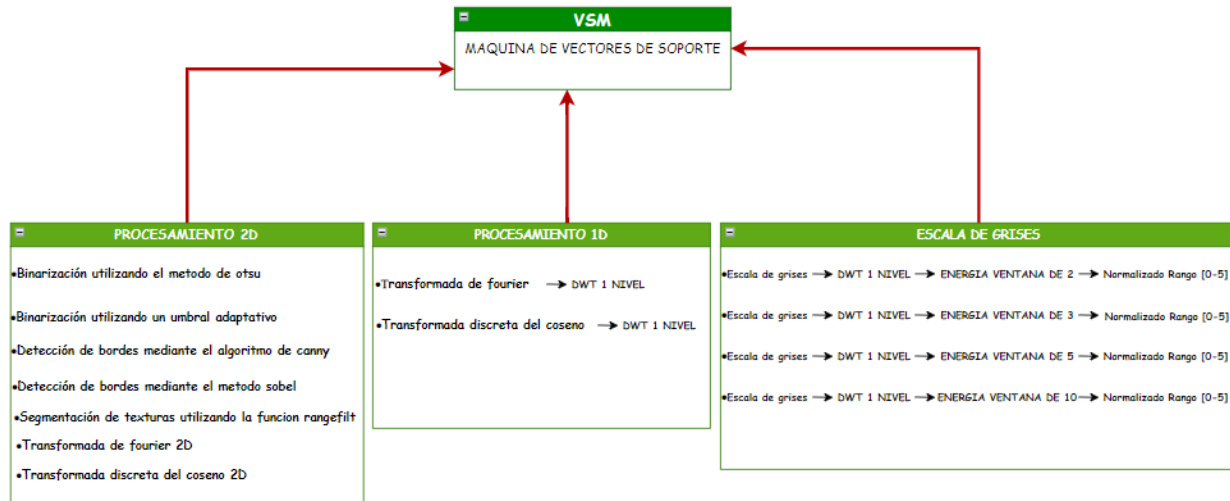


Figura 38. Técnicas empleadas que se le asignaron a la máquina de vectores de soporte (VSM) Para su aprendizaje. Elaboración propia.

3.7 INTERFAZ

La interfaz se creó en App Designer, esta es una herramienta de Matlab que facilita la creación de app profesionales, también esta aplicación permite arrastrar y soltar elementos visuales, para establecer diseños gracias al editor integrado, Por lo tanto tiene más botones y funcionalidades que la herramienta GUIDE, dentro de su librería de componentes están listas desplegables, botones, paneles, pestañas, indicadores, menus, conmutadores, medidores, también existe la funcionalidad de agregar imágenes en movimiento como GIFs, y también imágenes a los botones para dar un diseño más agradable y más profesional, debido a todas estas ventajas se optó por usar esta herramienta, en la figura 39 se observa la herramienta App Designer.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

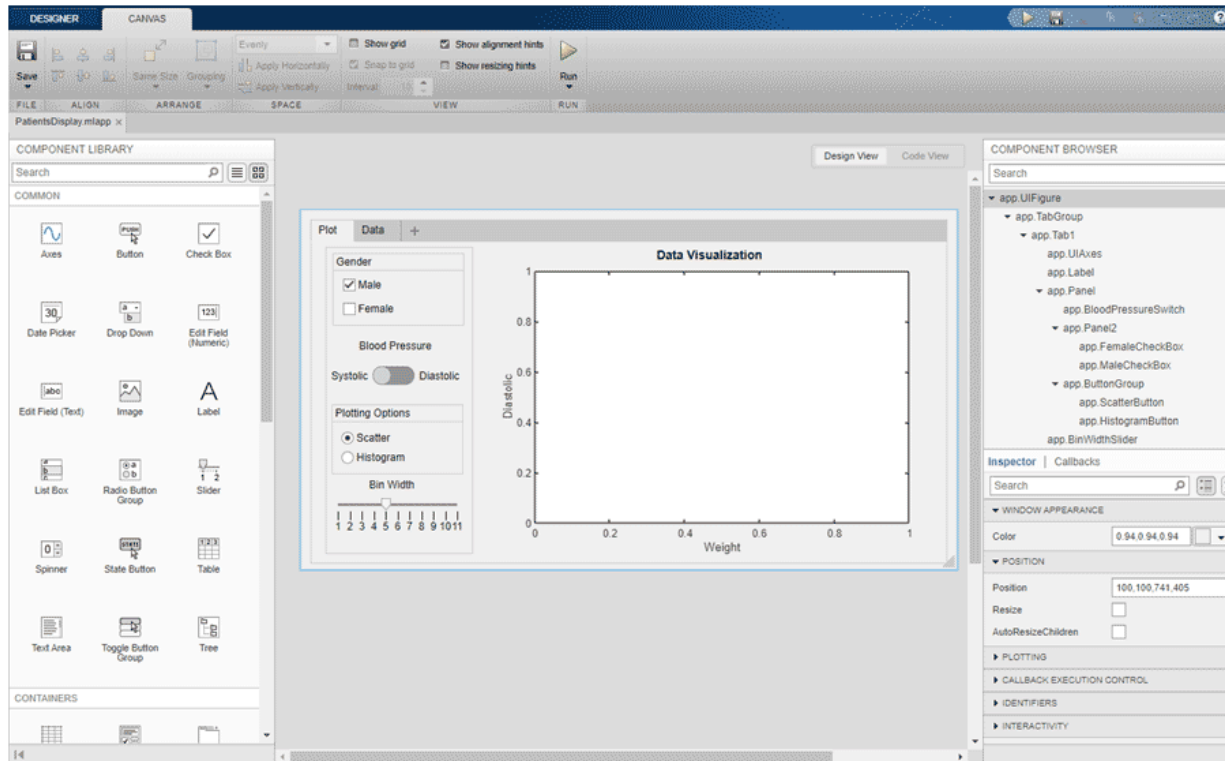


Figura 39. App Designer[38]

3.8 OBTENCIÓN DE PATOLOGÍAS

Las patologías se capturan con una cámara web con las siguientes características, ver figura 40

CARACTERÍSTICAS

- Resolución máx: 2560 x 1440
- Marco: 30fps
- Sensor de imagen: HD CMOS
- Píxeles: 4 Mp
- Tipo de: HD 2K Full HD WEBCAM
- Interfaz: USB 2,0
- Micrófono: Si
- Longitud del Cable: 1,50 Mts



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 40. CÁMARA WEB. Elaboración propia.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”
Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



CAPÍTULO 4: RESULTADOS

En este capítulo se explican paso a paso todos los resultados y evidencias obtenidos del trabajo de grado, cumpliendo los objetivos marcados para su desarrollo.

4.1 Selección de la data

Los datos se obtuvieron de los sitios web: Kaggle, DermNet NZ, DERMATOLOGY ATLAS, DERMATOWEB.NET, donde se seleccionaron 7 clases de enfermedades de la piel para la validación del sistema; estas clases son: acné, dermatitis, herpes zóster, urticaria, vitíligo, melanoma y lesión vascular, para un total de 210 imágenes, con un tamaño de 36,1 MB. Asimismo, se utilizaron 30 imágenes por patología, donde 24 se utilizaron para entrenar que corresponde al 80 % y 6 se usaron para clasificar correspondiente al 20%.

4.1.1 Kaggle

Kaggle permite explorar, analizar y compartir datos de calidad. Sobre datos para entrenar inteligencia artificial y para trabajar con ciencia de datos donde se pueden encontrar más de 500000 conjuntos de datos públicos, en la figura 41 se puede observar la búsqueda de melanoma en su sitio web.

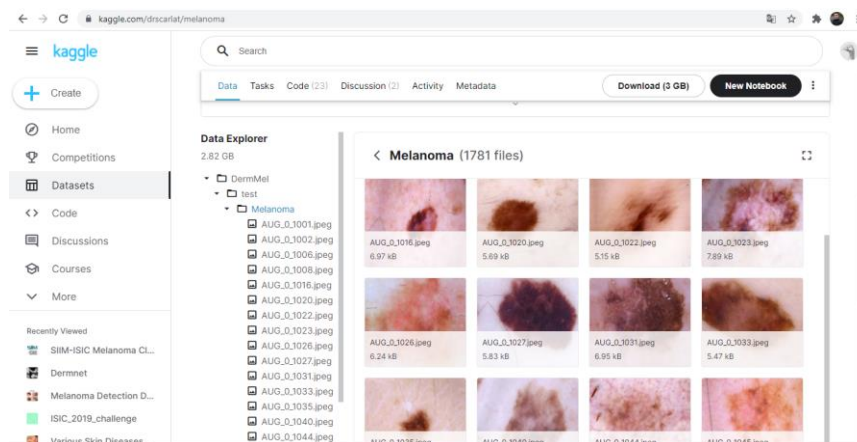


Figura 41. Sitio web kaggle. Elaboración propia.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4.1.2 Base de datos DermNet NZ

DermNet NZ tiene más de 20000 imágenes en alta calidad sobre diferentes patologías en la piel, convirtiéndose en un recurso de renombre mundial sobre la piel, en la figura 42 se observa la búsqueda de patologías de acné en cara, espalda y pecho.

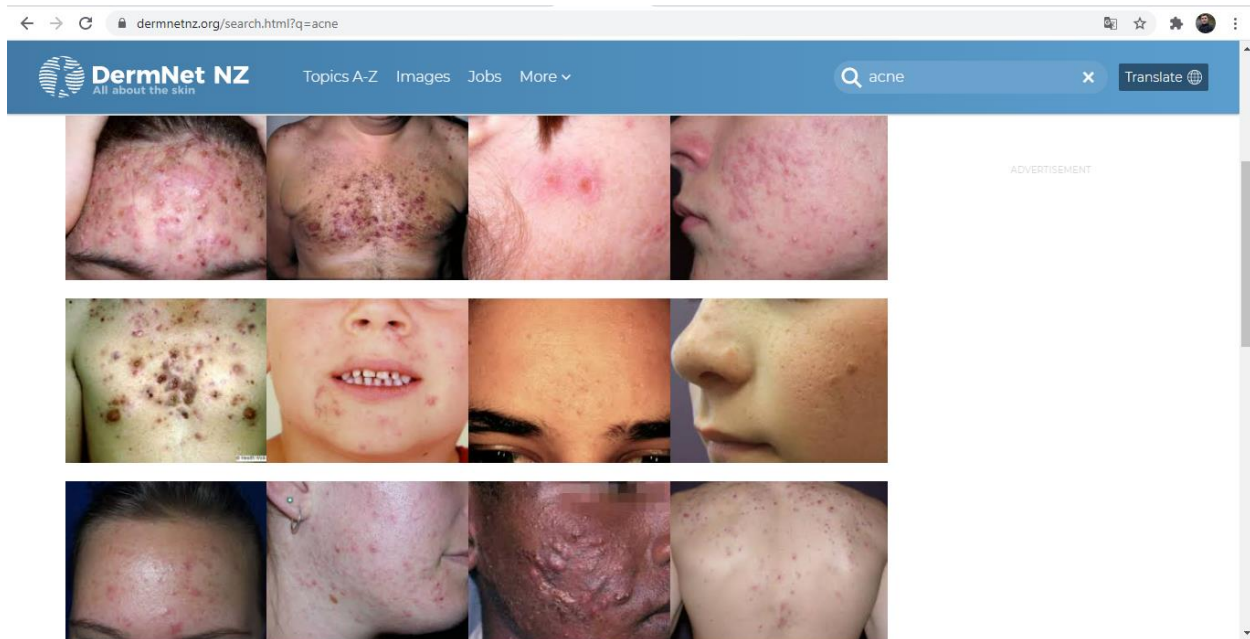


Figura 42. Sitio web DermNet NZ. Elaboración propia.

4.1.3 Base de datos DERMATOLOGY ATLAS

DERMATOLOGY ATLAS contiene alrededor de 11393 imágenes en alta calidad de enfermedades dermatológicas, todas las imágenes son de uso gratuito para fines no comerciales, en la figura 43 se observa la búsqueda de la patología vitiligo, en diferentes áreas de la piel



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

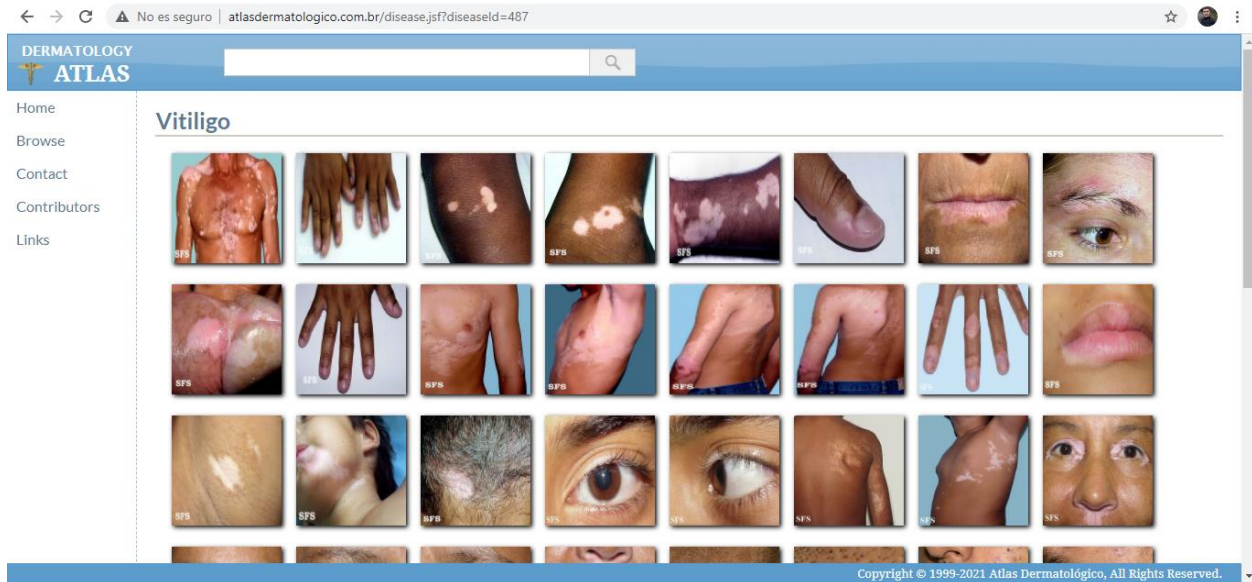


Figura 43. Sitio web DERMATOLOGY ATLAS. Elaboración propia.

4.1.4 Base de datos dermatoweb.net

dermatoweb.net contiene más de 6500 fotografías en alta calidad de afecciones dermatológicas elaboradas por dermatólogos, su uso es libre con fines docentes, en la figura 44 se observa la búsqueda de la patología de herpes zoster en diferentes áreas corporales.

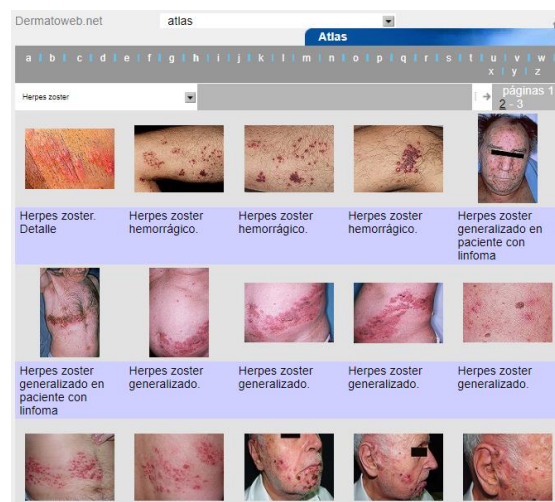


Figura 44. Sitio web dermatoweb.net. Elaboración propia.



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4.1.5 cámara web

Para obtener las patologías dermatológicas se utiliza una cámara web HD que cuenta con una definición de 2560 x 1440 Full HD, funciona perfectamente incluso en entornos débiles con corrección automática de baja luz y HDR contando con un trípode y cable de 1,5 m. Para obtener una buena imagen que permita la correcta detección de la patología, cabe aclarar que es necesario acercarse aproximadamente 13 cm de distancia entre la cámara y la patología, esta distancia es sumamente importante para que el recorte automático no elimine áreas de interés al capturar la imagen demasiado, en la figura 45 se puede ver la patología captada con la cámara web.



Figura 45. Imagen obtenida mediante la cámara web. Elaboración propia.

4.2 pre procesamiento a las imágenes de las patologías de estudio

Se aplicaron técnicas de pre procesamiento a las imágenes ya que estas imágenes presentaron marcas de agua debido a que son imágenes gratuitas con fines de enseñanza y aprendizaje, asimismo para resaltar determinadas características de la imagen de este modo tener las áreas de interés necesarias posibilitando las operaciones del procesado, del mismo modo se redimensionaron las imágenes a un tamaño de 300x300 pixeles, obteniendo una métrica ecualizada del conjunto de imágenes que se integran al proceso de clasificado. En la figura 46 se observa una paciente con patología de acné presentando marca de agua



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Figura 46. Patología de acné con marca de agua. Elaboración propia.

Para solucionar los inconvenientes anteriormente mencionados como son la marca de agua y las dimensiones desiguales, lo primero que se hace es convertir la imagen de formato RGB a escala de grises. También es necesario hacer un recorte que acondicione una nueva imagen de 300 x 300 píxeles, esto se hace mediante 5 coordenadas, la primera coordenada busca el centro de la imagen. Para esto la imagen se divide en la mitad de filas y mitad de columnas obteniendo la coordenada del centro. La segunda coordenada (punto superior izquierdo) se hace recorriendo desde el punto central restando 150 columnas y también se restan 150 filas. Para el (punto superior derecho) se recorre desde el punto central restando 150 columnas y sumándole 150 filas. Para obtener el (punto inferior izquierdo), se recorre desde el punto central sumando 150 columnas y restando 150 filas. Para obtener el (punto inferior derecho) se recorre desde el punto central sumando 150 filas y también sumando 150 columnas en la figura 47 se observa la imagen en escala de grises, con las 5 coordenadas mencionadas anteriormente.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

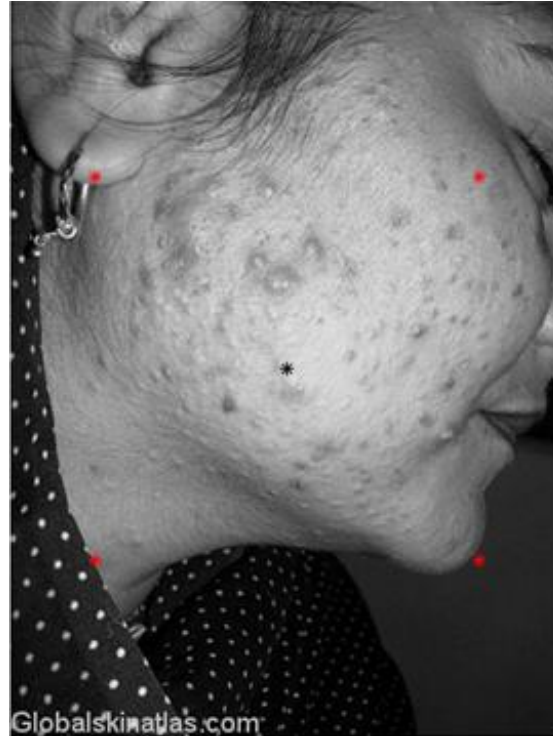


Figura 47. Imagen en escala de grises. Elaboración propia.

Luego de tener las coordenadas mencionadas anteriormente, estos puntos se recorren y se obtiene una nueva imagen, además este recorte también nos permite enfocarnos solo en la patología, ignorando en la imagen otros elementos como ropa, cabello, y áreas del ambiente en la figura 48 se observa el recorte en una nueva imagen, cabe aclarar que cada patología se puede recortar y clasificar en diferentes áreas corporales, debido a el modelo se entrenó con imágenes en diferentes áreas de la piel con cada una de las 7 patologías, con el objetivo de tener un resultado de clasificación similar



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

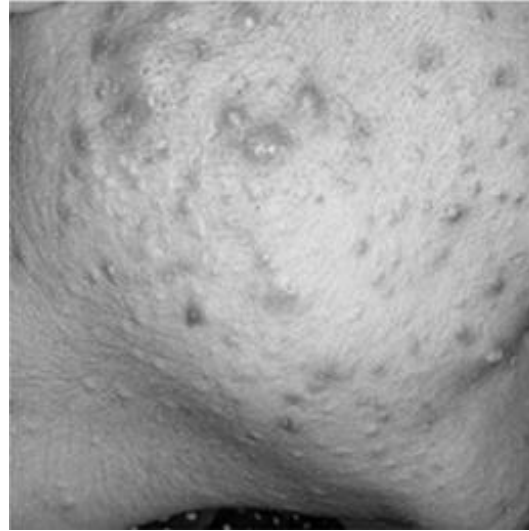


Figura 48. Imagen en escala de grises con dimensiones de 300x300. Elaboración propia.

4.3 Estructuración de metodología para la extracción de características

Luego del procesamiento de las imágenes para cada una de las patologías se crea un banco de técnicas separadas por líneas y sublíneas que permiten observar de una forma más clara las diferencias de cada una de estas, por esta razón se realiza una conversión de matriz a vector o arreglo que me permita concatenar cada una de estas patologías en grupos, y observar a manera de espectro o componentes cromáticas la diferencia de cada una de las patologías, observando de manera detallada cada una de las patologías tiene un comportamiento diferente y esto se debe a las componentes propias de cada una, entre ellas tenemos intensidades de colores, variables de crominancia y luminancia, frecuencia entre otras como se observa en la figuras 49 a 62 donde cada conjunto es diferente pero su proceso de separación fue mediante la inteligencia artificial máquina de vectores de soporte (vsm) con kernel RBF



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



En la figura 49, se observa el espectrograma binarizado mediante el método de otsu, a las 7 diferentes enfermedades dermatológicas cada una con un total de 30 imágenes por patología, el resultado de clasificación, luego de la aplicación de un clasificador basado en maquinas de vectores de soporte, para este modelo fue de 83.80% ver matriz de confusión de entrenamiento y clasificación en la figura 50.

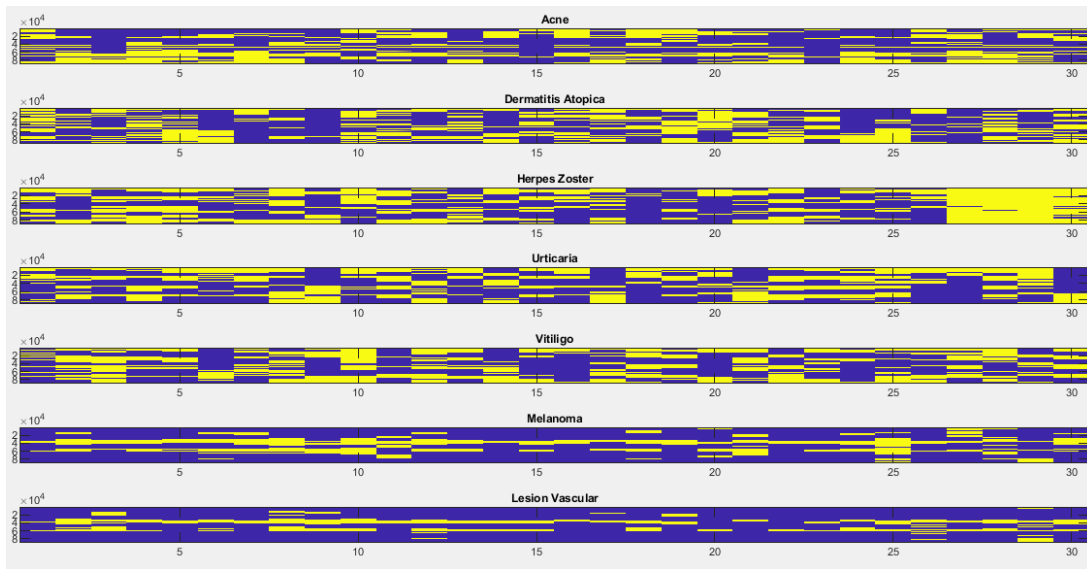


Figura 49. Imagen espectrografía de las patologías utilizando el método de otsu para Binarizar. Elaboración propia.

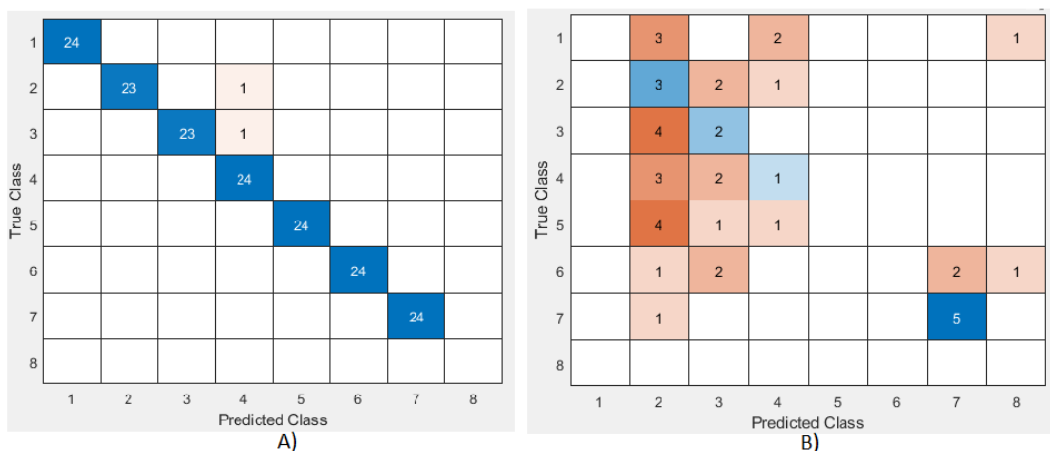


Figura 50. A) Matriz de confusión de entrenamiento método de otsu; B) Matriz de confusión de clasificación método de otsu. Elaboración propia.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



En la figura 51 se observa el espectrograma binarizado usando un umbral adaptativo, a las 7 diferentes enfermedades dermatológicas cada una con un total de 30 imágenes por patología, el resultado de clasificación, luego de la aplicación de un clasificador basado en maquinas de vectores de soporte, para este modelo fue de 86.66% ver matriz de confusión de entrenamiento y clasificación en la figura 52

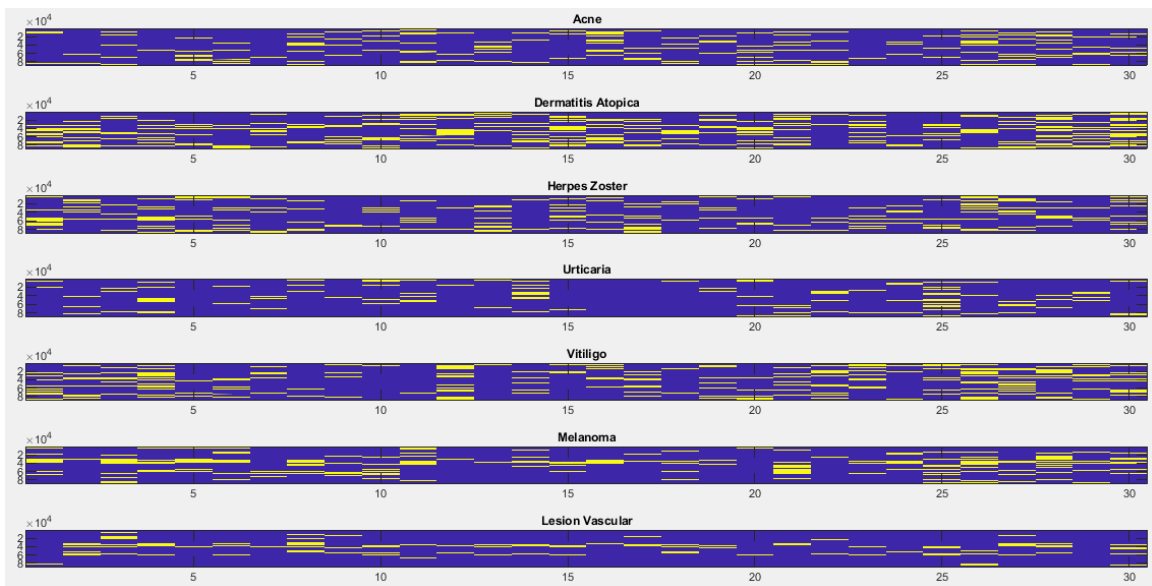


Figura 51. Imagen espectrografía de las patologías utilizando umbral adaptativo para Binarizar. Elaboración propia.

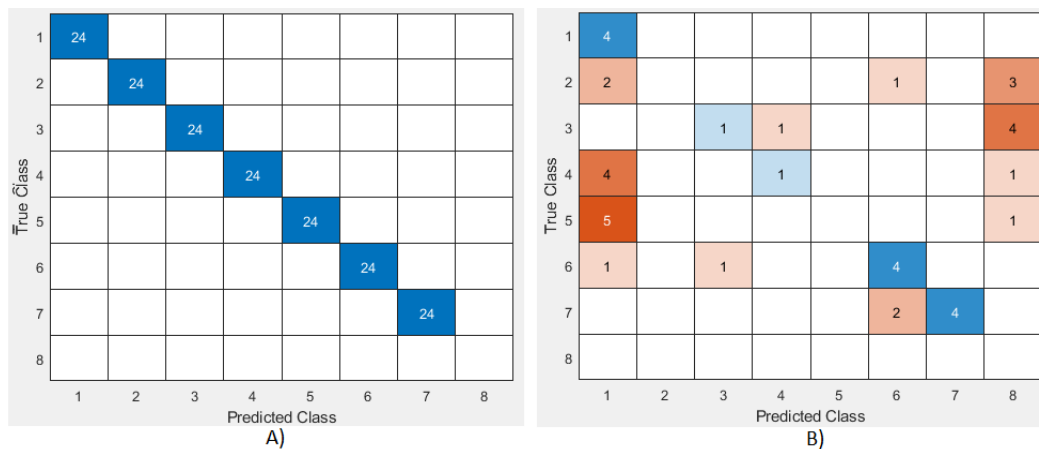


Figura 52. A) Matriz de confusión de entrenamiento umbral adaptativo; B) Matriz de confusión de clasificación umbral adaptativo. Elaboración propia.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”
 Universidad de Pamplona
 Pamplona - Norte de Santander - Colombia
 Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
 www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



En la figura 53 se observa el espectrograma usando el método de canny, a las 7 diferentes enfermedades dermatológicas cada una con un total de 30 imágenes por patología, el resultado de clasificación, luego de la aplicación de un clasificador basado en maquinas de vectores de soporte, para este modelo fue de 82.38% ver matriz de confusión de entrenamiento y clasificación en la figura 54

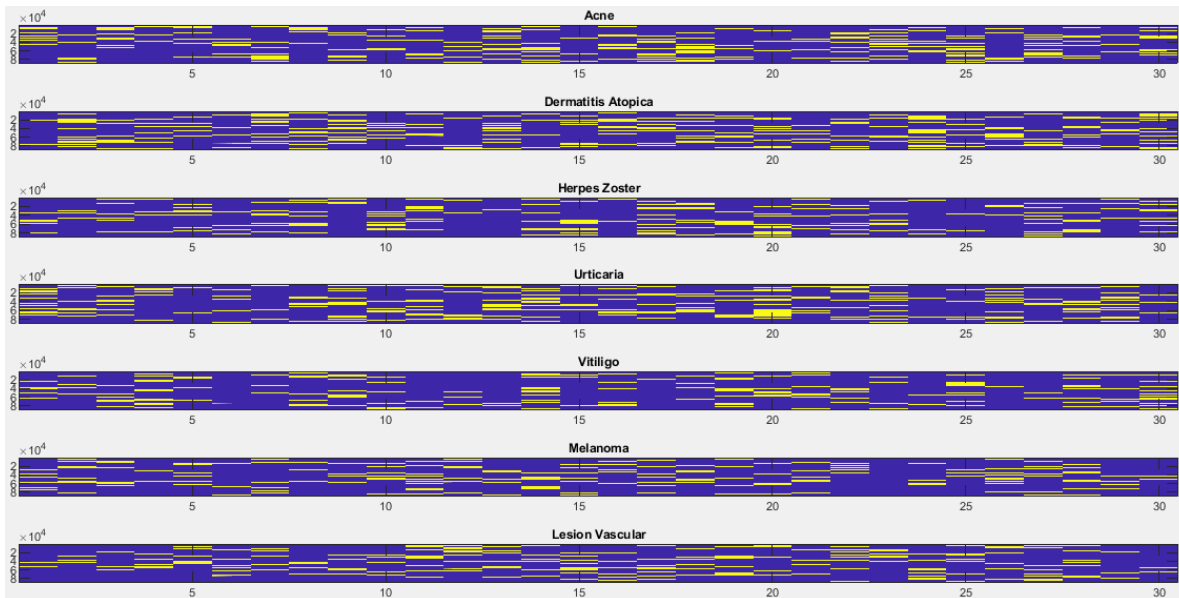


Figura 53. Imagen espectrografía de las patologías utilizando el método de canny. Elaboración propia.

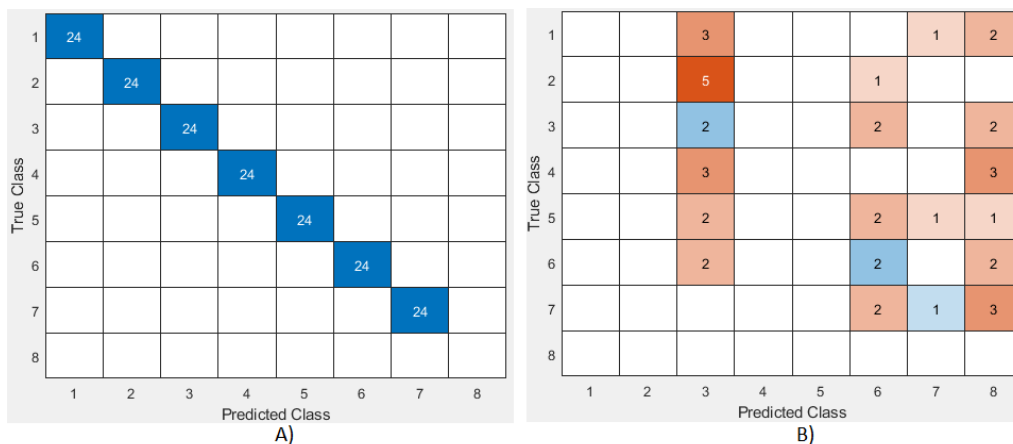


Figura 54. A) Matriz de confusión de entrenamiento método de canny; B) Matriz de confusión de clasificación método de canny. Elaboración propia.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



En la figura 55 se observa el espectrograma usando el método de sobel, a las 7 diferentes enfermedades dermatológicas cada una con un total de 30 imágenes por patología, el resultado de clasificación, luego de la aplicación de un clasificador basado en maquinas de vectores de soporte, para este modelo fue de 84.28% ver matriz de confusión de entrenamiento y clasificación en la figura 56

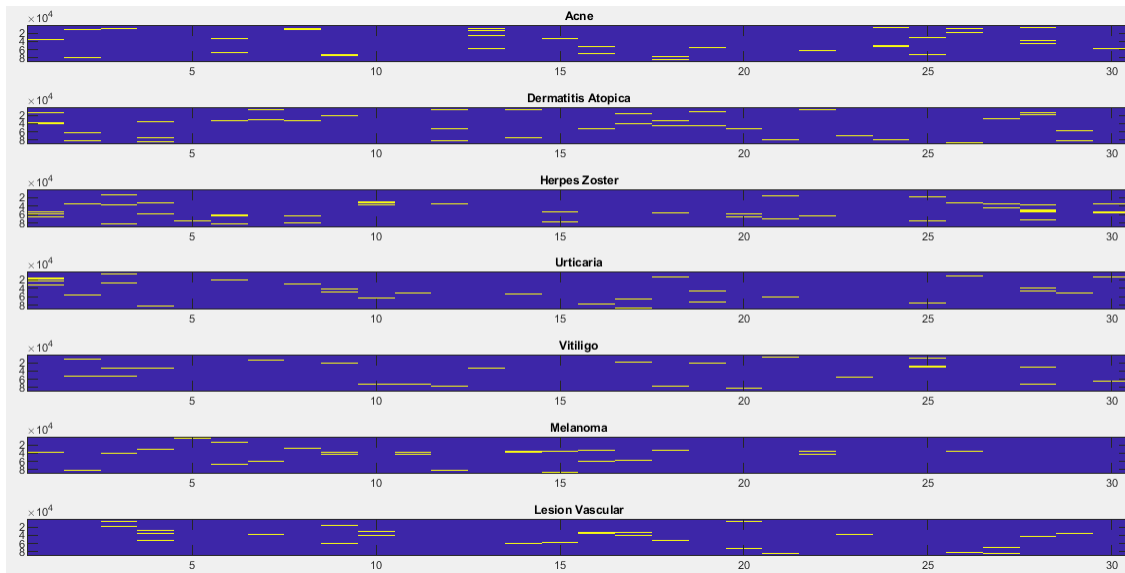


Figura 55. Imagen espectrografía de las patologías utilizando el método de sobel. Elaboración propia.

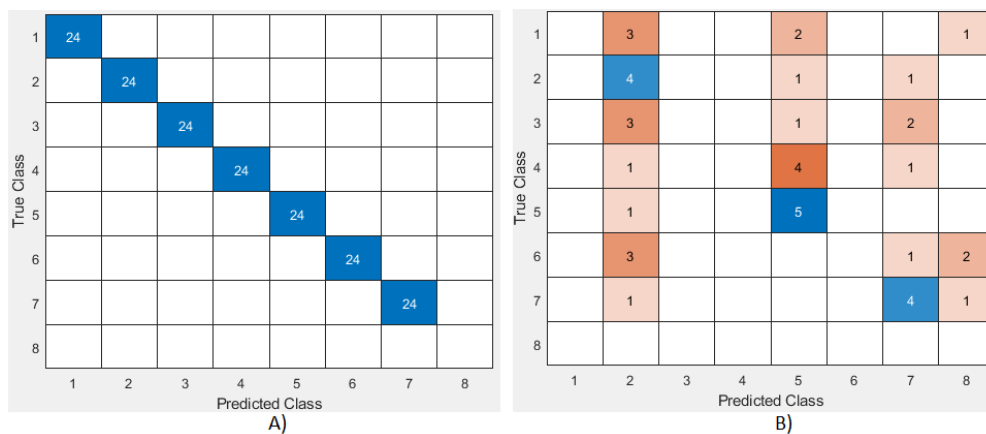


Figura 56. A) Matriz de confusión de entrenamiento método de sobel; B) Matriz de confusión de clasificación método de sobel. Elaboración propia.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



En la figura 57 se observa el espectrograma usando el análisis de texturas, a las 7 diferentes enfermedades dermatológicas cada una con un total de 30 imágenes por patología, el resultado de clasificación, luego de la aplicación de un clasificador basado en maquinas de vectores de soporte, para este modelo fue de 81.90% ver matriz de confusión de entrenamiento y clasificación en la figura 58

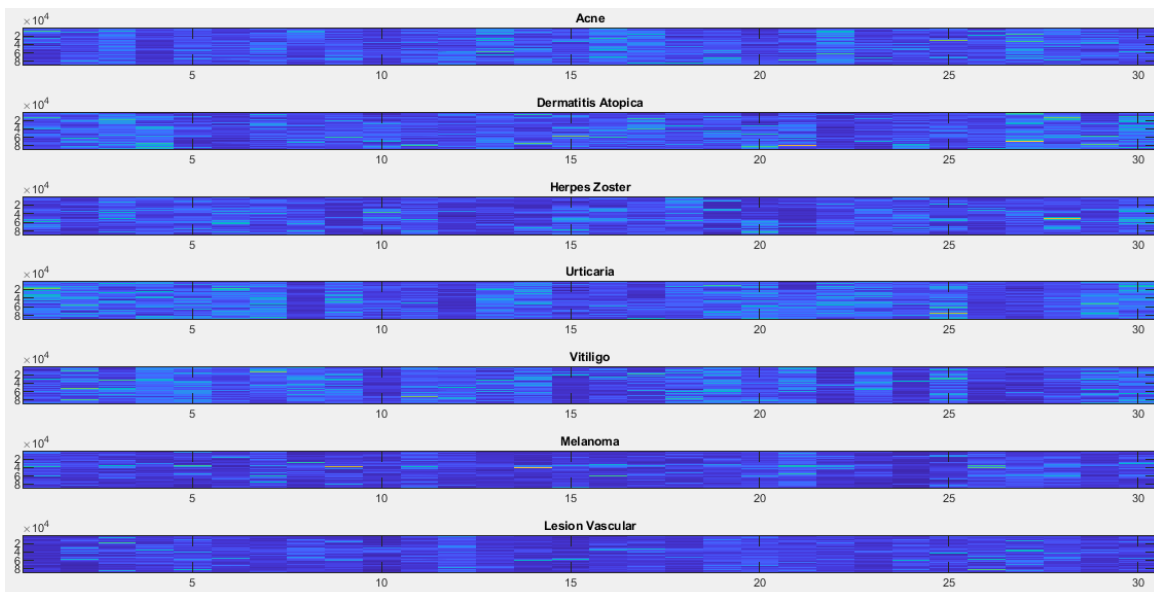


Figura 57. Imagen espectrografía de las patologías utilizando análisis de textura. Elaboración propia.

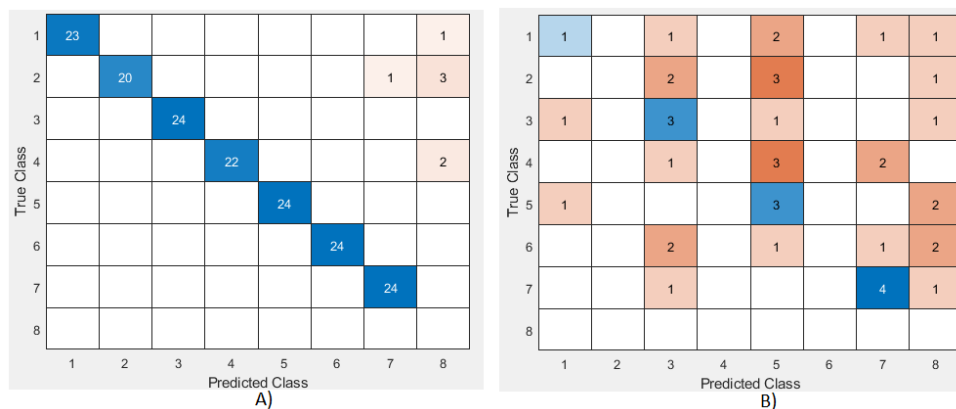


Figura 58. A) Matriz de confusión de entrenamiento textura B) Matriz de confusión de clasificación textura. Elaboración propia.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



En la figura 59 se observa el espectrograma usando transformada rápida de Fourier en 2D, a las 7 diferentes enfermedades dermatológicas cada una con un total de 30 imágenes por patología, el resultado de clasificación, luego de la aplicación de un clasificador basado en maquinas de vectores de soporte, para este modelo fue de 83.80% ver matriz de confusión de entrenamiento y clasificación en la figura 60

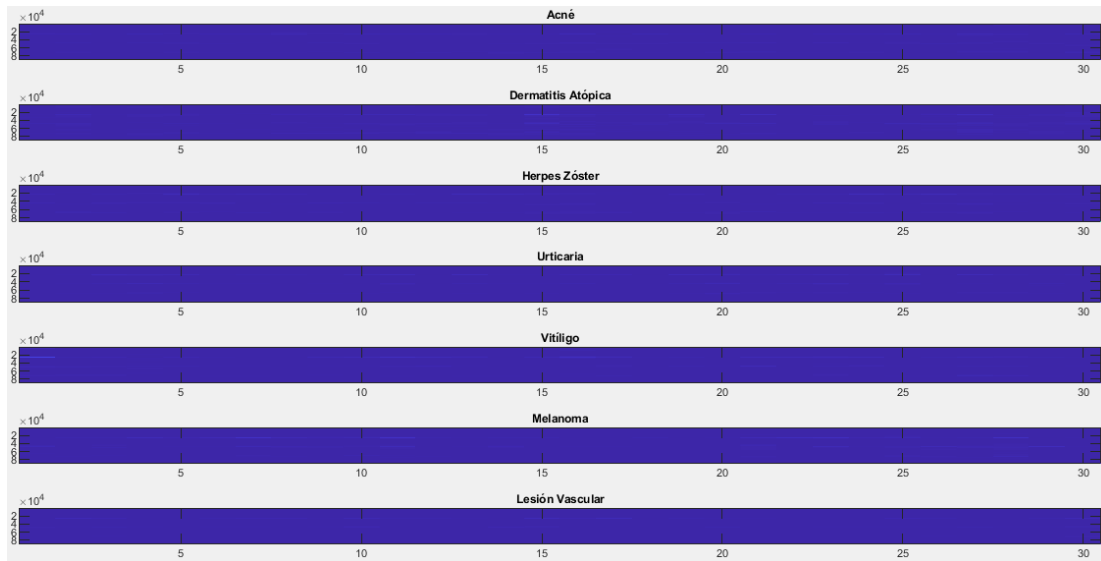


Figura 59. Imagen espectrografía de las patologías utilizando transformada rápida de Fourier en 2D. Elaboración propia.

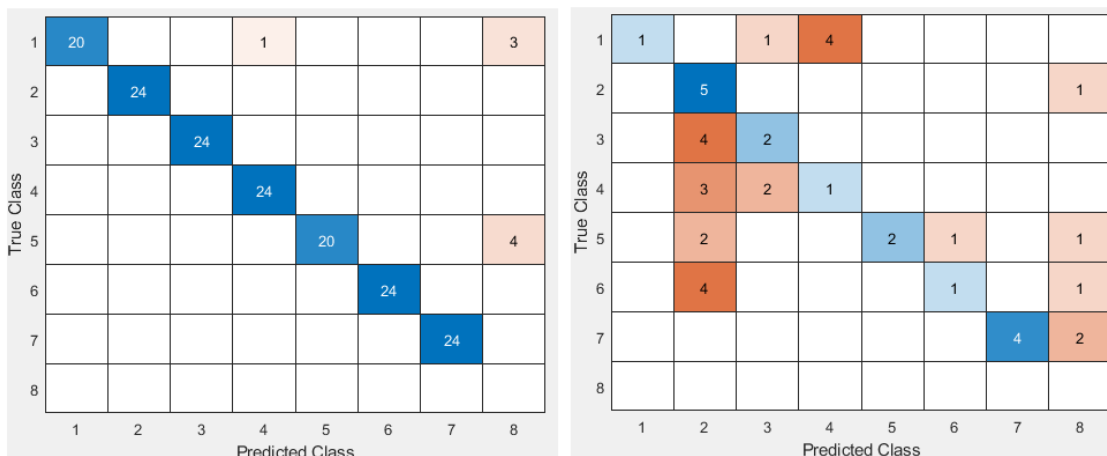


Figura 60. A) Matriz de confusión de entrenamiento transformada de fourier 2D; B) Matriz de confusión de clasificación transformada de fourier 2D. Elaboración propia.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



En la figura 61 se observa el espectrograma usando transformada discreta del coseno 2D, a las 7 diferentes enfermedades dermatológicas cada una con un total de 30 imágenes por patología, el resultado de clasificación, luego de la aplicación de un clasificador basado en maquinas de vectores de soporte, para este modelo fue de 80.47% ver matriz de confusión de entrenamiento y clasificación en la figura 62

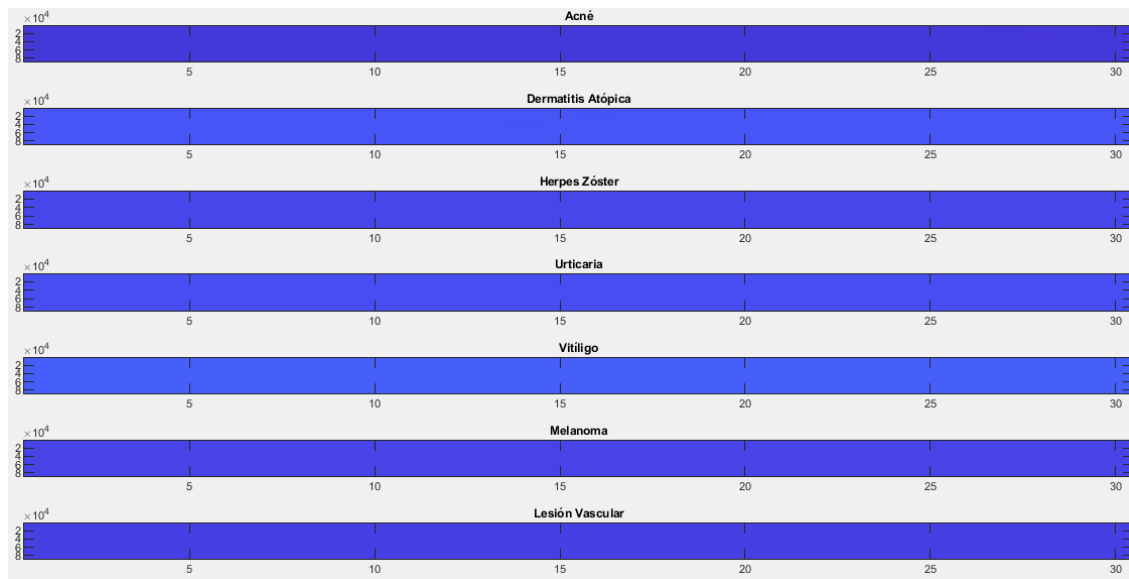


Figura 61. Imagen espectrografía de las patologías utilizando transformada discreta del coseno en 2D. Elaboración propia.

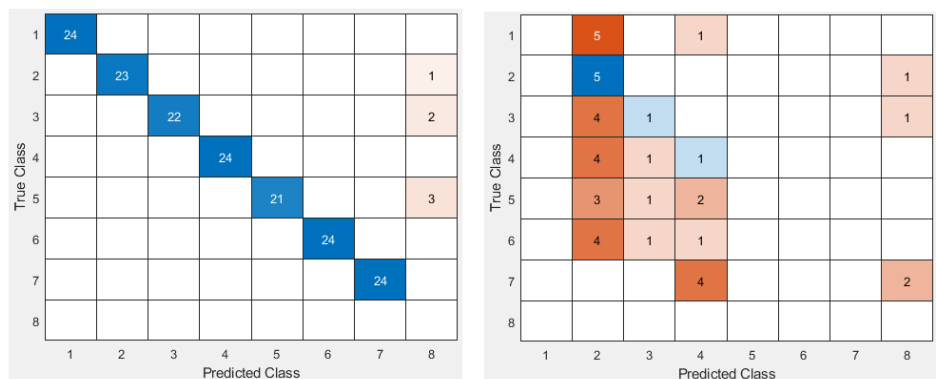


Figura 62. A) Matriz de confusión de entrenamiento transformada discreta del coseno 2D; B) Matriz de confusión de clasificación transformada discreta del coseno 2D. Elaboración propia.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Después de aplicar las técnicas que nos otorgaron la capacidad de extraer las características necesarias del conjunto de patologías para este caso las 7 anteriormente nombradas, dentro de las técnicas que se pueden resaltar está la transformada rápida de Fourier, detección de bordes mediante el método sobel, análisis de energía, y el manejo de ventanas que nos permitieron tener las curvas propias de cada patología y tener características de separabilidad optimas en el proceso. En la tabla 3 se observan los porcentajes de los resultados obtenidos en la clasificación para cada patología aplicándoles procesamiento 2D y 1D, cabe recalcar que con cada una de las 13 técnicas se probó con 2 modelos generados por la VSM, como se pueden observar en la tabla 3 y 4 obteniendo resultados muy similares.

Tabla 3. Resultados de clasificación 80-20 modelo 1.

TÉCNICAS	PATOLOGÍAS							TOTAL
	Acné	Dermatitis Atópica	Herpes zóster	Urticaria	Vitíligo	Melanoma	Lesión vascular	
BINARIZADO MÉTODO DE OTSU	70%	80%	80%	86.66%	83.33%	80%	96.666%	82.38%
BINARIZADO UMBRAL ADAPTATIVO	80%	100%	90%	80%	80%	80%	93.33%	86.19%
ALGORITMO DE CANNY	90%	80%	80%	80%	80%	80%	100%	84.28%
METODO DE SOBEL	80%	80%	90%	96.66%	83.33%	80%	93.33%	86.19%
TEXTURA	90%	70%	90%	73.33%	86.66%	76.66%	76.66%	80.47%
FOURIER 2D	86.66%	90%	73.33%	83.33%	83.33%	73.33%	93.33%	83.33%
DCT 2D	80%	76.66%	83.33%	80%	46.66%	66.66%	80%	73.33%
FOURIER 1D	86.66%	90%	86.66%	86.66%	73.33%	83.33%	93.33%	85.71%
DCT 1D	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	14.28%
ENERGÍA VENTANA 2	86.66%	83.33%	93.33%	86.66%	93.33%	90%	86.66%	88.57%
ENERGÍA VENTANA 3	90%	86.66%	96.66%	93.33%	90%	86.66%	90%	90.47%
ENERGIA VENTANA 5	96.66%	83.33%	96.66%	86.66%	86.66%	76.66%	86.66%	87.61%
ENERGIA VENTANA 10	86.66%	83.33%	83.33%	86.66%	83.33%	86.66%	90%	85.71%

En la tabla 4 se observan los porcentajes obtenidos del modelo 2 en la clasificación para cada patología aplicándoles procesamiento 2D y 1D mencionados anteriormente



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Tabla 4. Resultados de clasificación 80-20 modelo 2.

TÉCNICAS	PATOLOGÍAS							TOTAL
	Acné	Dermatitis Atópica	Herpes zóster	Urticaria	Vitíligo	Melanoma	Lesión vascular	
BINARIZADO MÉTODO DE OTSU	80%	86.66%	83.33%	86.66%	80%	80%	96.666%	83.80%
BINARIZADO UMBRAL ADAPTATIVO	93.33%	80%	83.33%	83.33%	80%	80%	86.33%	86.66%
ALGORITMO DE CANNY	80%	80%	86.66%	80%	80%	86.66%	83.33%	82.38%
METODO DE SOBEL	80%	93.33%	80%	80%	96.66%	80%	93.33%	84.28%
TEXTURA	80%	66.66%	90%	73.33%	80%	80%	93.33%	81.90%
FOURIER 2D	70%	96.66%	86.66%	83.33%	73.33%	83.33%	93.33%	83.80%
DCT 2D	80%	93.33%	76.66%	83.33%	70%	80%	80%	80.47%
FOURIER 1D	83.33%	80%	83.33%	86.66%	83.33%	83.33%	93.33%	84.76%
DCT 1D	0%	0%	0%	0%	0%	0%	93.33%	13.33%
ENERGÍA VENTANA 2	73.33%	86.66%	90%	90%	90%	90%	90%	87.14%
ENERGÍA VENTANA 3	93.33%	86.66%	93.33%	90%	93.33%	86.66%	93.33%	90.95%
ENERGIA VENTANA 5	90%	86.66%	86.66%	83.33%	90%	86.66%	90%	87.61%
ENERGIA VENTANA 10	86.66%	80%	83.33%	76.66%	86.66%	76.66%	90%	84.47%

En la figura 63 se observan los resultados de clasificación 80/20 para las técnicas de procesamiento 2D del modelo 1.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

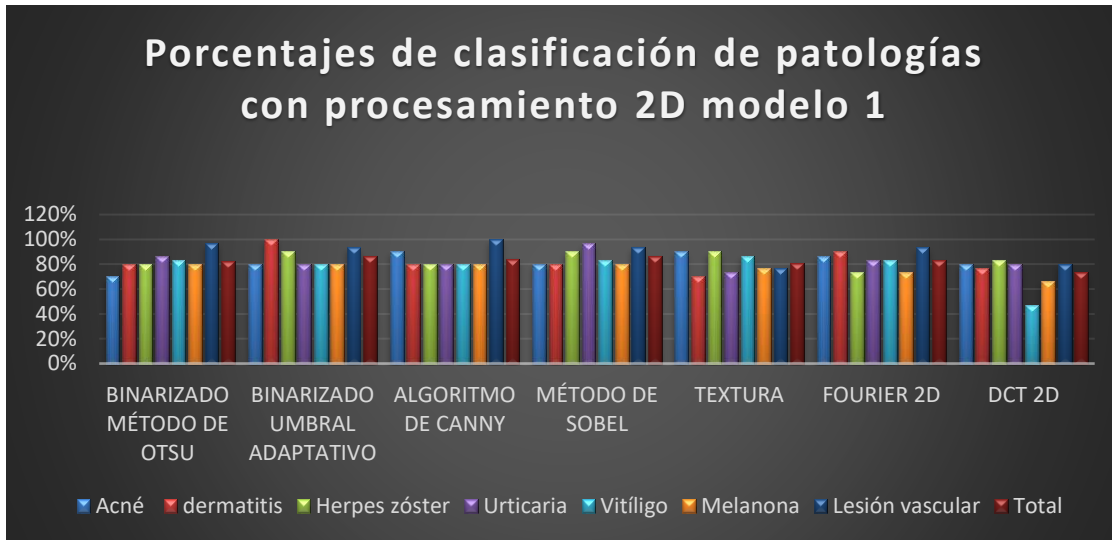


Figura 63. Entrenamiento de SVM 80/20 en procesamiento 2D. Elaboración propia.

En la figura 64 se observan los resultados de clasificación 80/20 para las técnicas de procesamiento 2D del modelo 2.

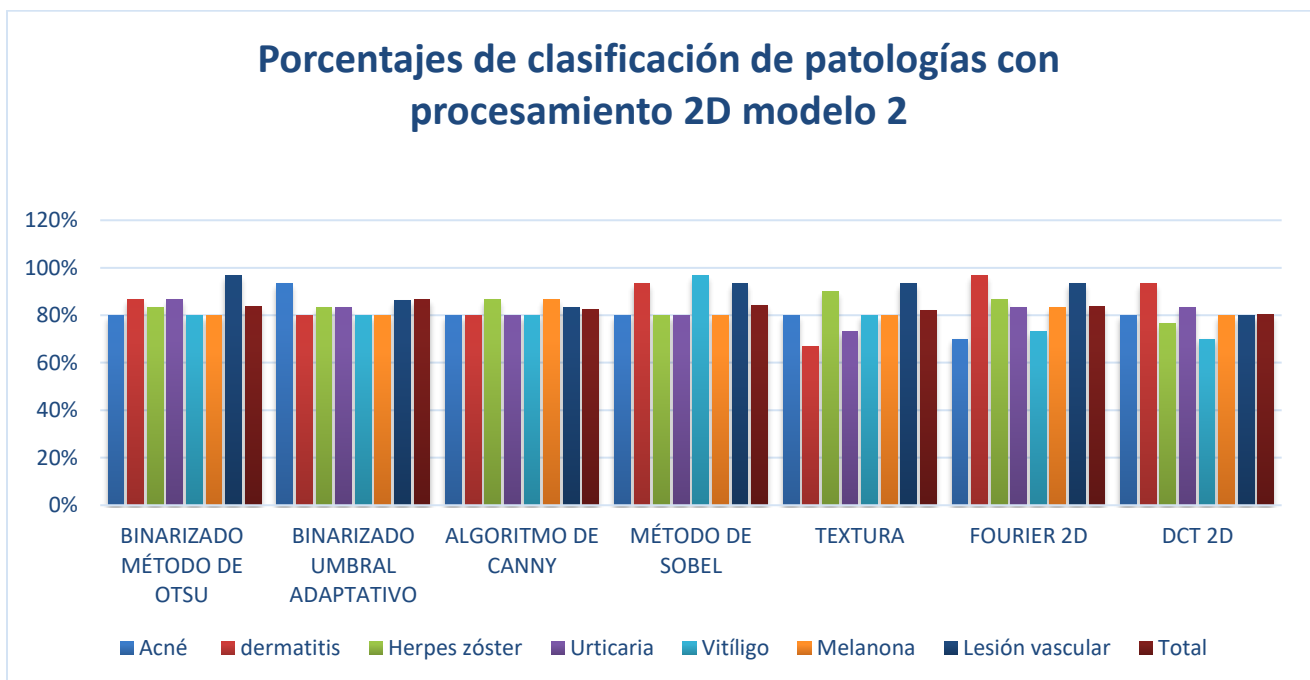


Figura 64. Entrenamiento de SVM 80/20 en procesamiento 2D. Elaboración propia.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



En la figura 65 se observan los resultados de clasificación 80/20 para las técnicas de procesamiento 1D del modelo 1

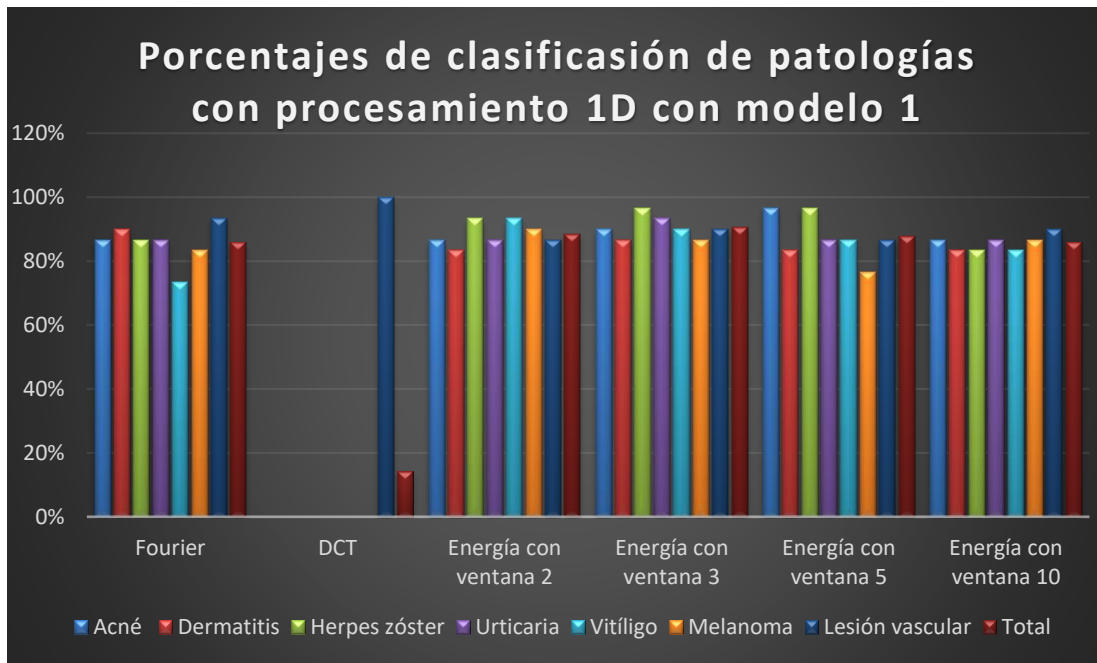


Figura 65. Entrenamiento de SVM 80/20 en procesamiento 1D. Elaboración propia.

En la figura 66 se observan los resultados de clasificación 80/20 para las técnicas de procesamiento 1D del modelo 2.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

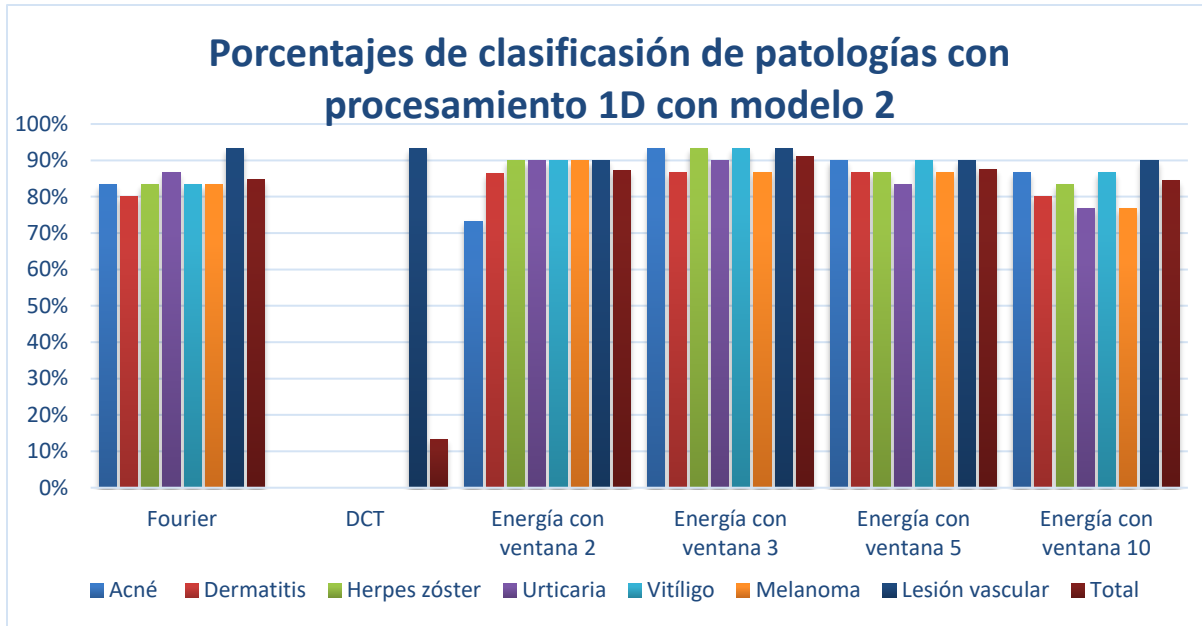


Figura 66. Entrenamiento de SVM 80/20 en procesamiento 1D. Elaboración propia.

En la figura 67 se observa la comparación de la transformada de fourier y transformada discreta del coseno en 1D y 2D, obteniendo los siguientes resultados.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

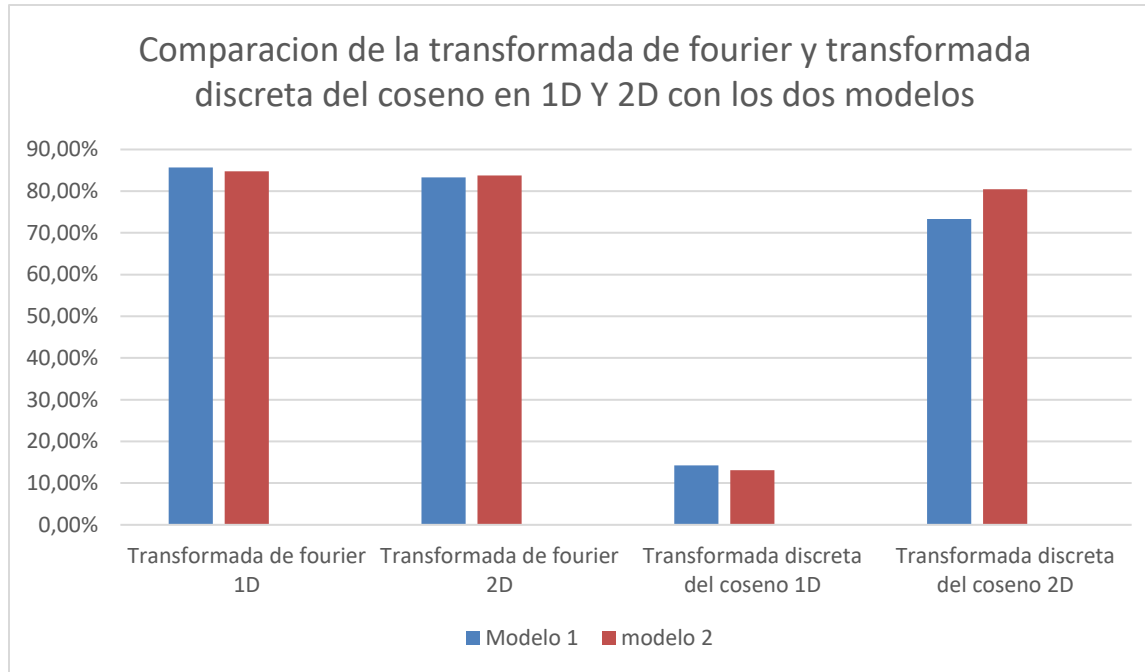


Figura 67. Comparativa FFT y DCT en 1D Y 2D. Elaboración propia.

Después de aplicar la herramienta de clasificación basada en inteligencia artificial como la máquina de vectores de soporte de mínimos cuadrados que otorga una curva de modelo en la separación óptima del hiperplano con sigma y gamma establecidos a nivel de algoritmo por el conjunto de iteraciones con mejores porcentajes de clasificación, para este caso puntual valores de sigma = 350.01726 y gamma = 5919.7329 estos parámetros fueron otorgados por el entorno con el mejor resultado que fue la técnica de energía con ventana 3 del modelo 2, entregando un porcentaje de 90.95%, por lo tanto este modelo es el que se integra a la interfaz de clasificación donde nos compara con las patologías de ingreso, en la figura 68 se observan los resultados de la técnica de mayor porcentaje



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!

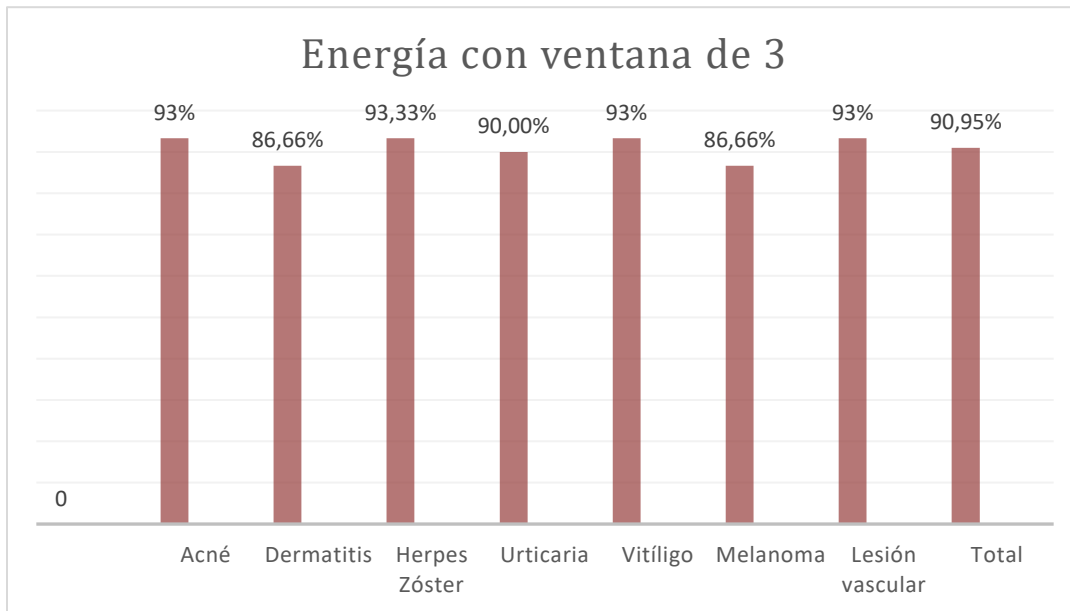


Figura 68. Técnica de mayor porcentaje. Elaboración propia.

En la figura 69 se observa la matriz de confusión de entrenamiento y clasificación de la técnica de mayor porcentaje, siendo la técnica de energía con ventana 3 presentando un 90.95% de efectividad

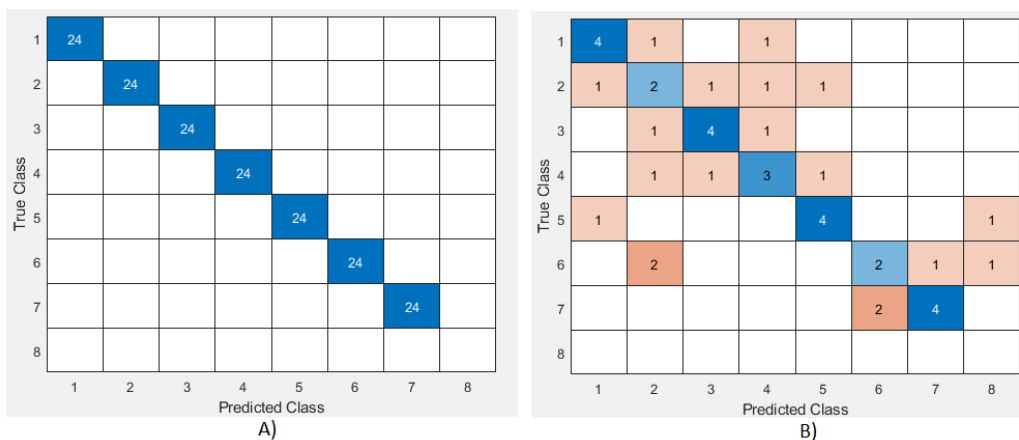


Figura 69. A) Matriz de confusión de entrenamiento energía con ventana 3; B) Matriz de confusión de clasificación energía con ventana 3. Elaboración propia.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4.4 Interfaz de usuario

Utilizando el desarrollo interactivo de Matlab App Designer se desarrolló una interfaz que permite cargar imágenes almacenadas de patologías dermatológicas, también tiene la opción de activar la cámara y capturar estas patologías dermatológicas, además muestra el recorte automático que se le hace a la imagen, y la señal vectorizada de la imagen que entra a un modelo de clasificación con el método de mayor resultado que fue la energía con ventana 3 del modelo 2, con un porcentaje de 90.95% en el entrenamiento con la VSM. por lo tanto, la interfaz nos dice que tipo de patología presenta el paciente

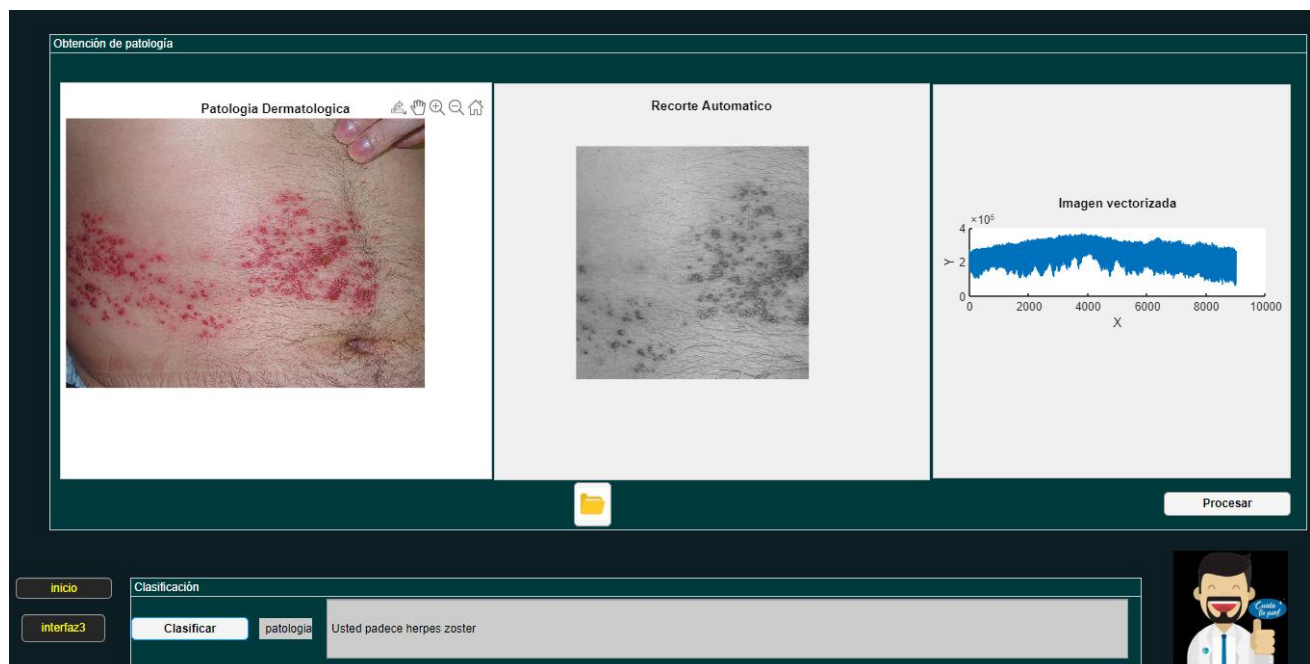


Figura 70. Interfaz de Clasificación cargando la imagen desde el equipo. Elaboración propia.

En la figura 70 se observa la interfaz de clasificación que permite detectar las patologías dermatológicas con imágenes ya almacenadas en el equipo, lo primero que debe hacer el usuario es seleccionar la carpeta amarilla, donde esta le permitirá al usuario buscar la patología previamente guardada, una vez cargada la imagen de la patología el usuario le da a la opción de procesar donde automáticamente realizara el recorte y mostrara la afeccion



SC-CER96940



"Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz"

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



con unas dimensiones de 300x300 píxeles, asimismo muestra la patología vectorizada, y por último el paciente presiona el botón de clasificar donde el software compara la patología con el modelo entrenado y finalmente nos dirá la afección que padece mediante un mensaje.

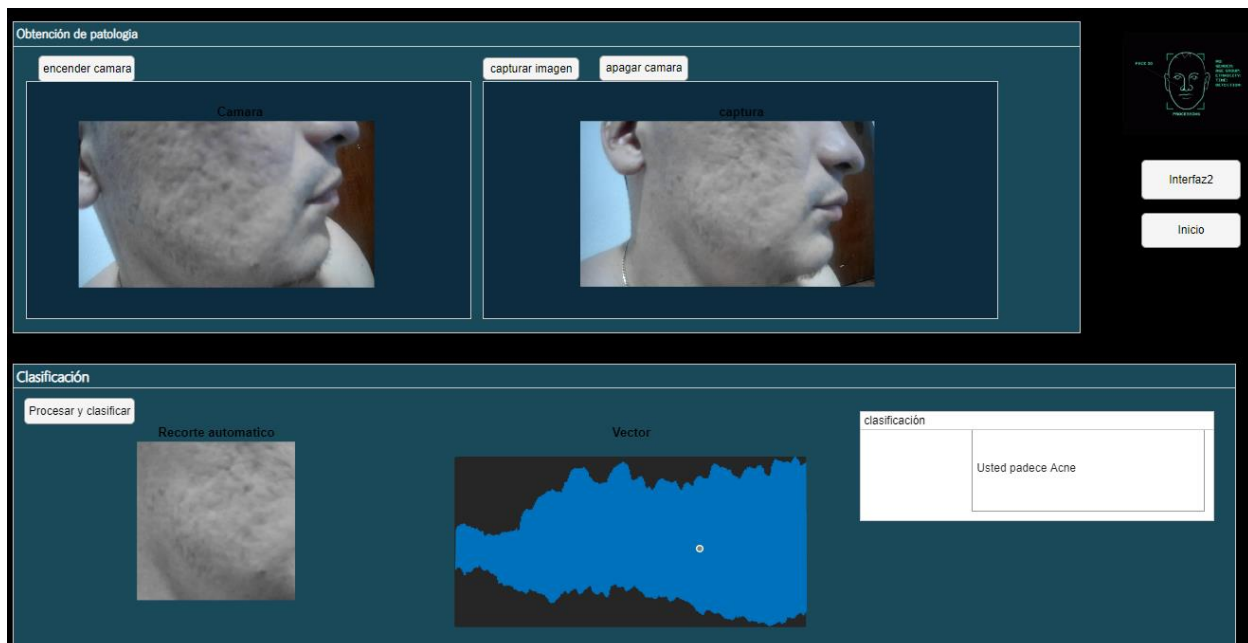


Figura 71. Interfaz de Clasificación capturando la imagen desde la cámara web. Elaboración propia.

En la figura 71 se observa la interfaz que permite capturar la patología mediante la activación de la cámara web, lo primero que el paciente debe hacer es encender la cámara y acercarla aproximadamente a 13 cm de la afección dermatológica que presenta, cabe recordar que la cámara cuenta con un trípode lo que permite su fácil manejo al momento de tomar la foto de la patología, seguidamente el paciente captura la imagen y tiene la opción de apagar la cámara o seguir capturando la patología, una vez el usuario captura la patología correctamente selecciona el icono de procesar y clasificar donde le aparecerá el recorte automático, la imagen de la patología vectorizada y le mostrara la patología que padece.



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



4.5 VALIDACIÓN

La validación se realizó en la IPS unidad médica santana ubicada en la dirección, Cl. 5 #N° 4-26, Arauquita, Arauca, donde la médica general llamada ANA ROCIO BARRANCO CARLOS con numero RM: 1140885465, se le procedió a explicar detalladamente el funcionamiento de la interfaz de clasificación, también la médica procedió a que las verificar que las patologías correspondieran correctamente a cada enfermedad ver figura 72



Figura 72. Verificación de enfermedades dermatológicas. Elaboración propia.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



Para el proceso de validación se cargaron 6 imágenes de patologías dermatológicas desde el computador a la interfaz de clasificación, y se les aplicó el procesamiento y clasificación, por otra parte, se activó la cámara para capturar las patologías de la siguiente manera: 3 se tomaron con imágenes de patologías impresas, y además se clasificó una persona de manera presencial.

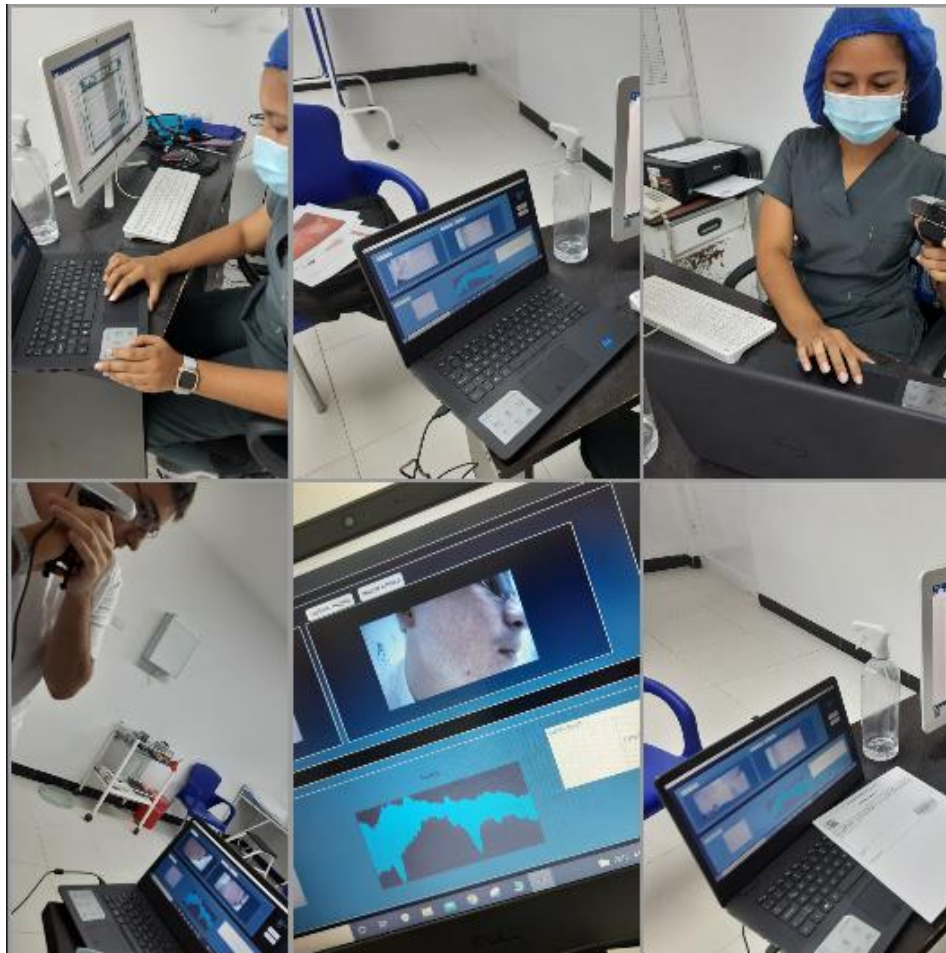


Figura 73. validación de la interfaz. Elaboración propia.

Los resultados de la validación se toman de la siguiente ecuación

$$\%error = \frac{\text{Total de pruebas} - \text{Imágenes clasificadas correctamente}}{\text{Total de pruebas}} * 100 \quad (22)$$



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



$$\%error = \frac{10 - 9}{10} * 100$$

$$\%error = 10\%$$

Realizando la operación matemática el porcentaje de error de la interfaz de clasificación de enfermedades dermatológicas es del 10%, presentando una efectividad del 90%



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

- Se realizó la búsqueda de las 210 imágenes de las 7 diferentes patologías dermatológicas en 4 bases de datos en la web, donde se eligió cada una, debido a su número de imágenes, derechos de autor, calidad de fotos, idioma y fecha de subida. Se realizó un preprocesamiento que consiste en recorte automático con el fin de enfocarnos solo en la afección dermatológica, ignorando en la imagen otros elementos como áreas del ambiente, ropa, cabello, y detalles que dificultan la clasificación. Se diseñó una interfaz de usuario con un entorno gráfico agradable y con fácil uso, que posibilita seleccionar imágenes previamente guardadas en el computador y clasificarlas. También permite activar la cámara y capturar la patología que afecta al paciente.
- Se creó una metodología que consiste en usar 13 técnicas para extraer las características necesarias del conjunto de patologías. Estas técnicas fueron: binarizado, detección de bordes, texturas, transformada de Fourier, transformada wavelet, análisis de energía, y el manejo de ventanas, para tener las curvas propias de cada patología y características de separabilidad óptimas en el proceso. Asimismo, la máquina de vectores de soporte usada entrega resultados entre el 85% y 90% dependiendo de la técnica usada.
- La interfaz de clasificación de enfermedades dermatológicas la validó un experto en el área de la salud y lo estableció como un proyecto de alto impacto a futuro debido a su alto rango de efectividad y apoyo diagnóstico de las patologías más comunes. Además, es posible que se convierta en una herramienta óptima para los profesionales de la salud, que en estos momentos se dificultan los procesos de toma de muestras y diagnósticos debido al problema de pandemia que afronta el mundo, el cual mediante el procesamiento de señales e inteligencia artificial se pueden clasificar señales dermatológicas de manera eficiente con bajo costo económico y computacional con una disminución significativa de tiempo.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



REFERENCIAS

- [1] “www.diarideterrassa,” 2016.
<https://www.diarideterrassa.com/terrassa/2016/11/21/enfermedades-piel-aumento/>
- [2] asocolderma, “El 91% de los colombianos ha sufrido enfermedades de piel, según un estudio.” <https://www.elpais.com.co/contenido/el-91-de-los-colombianos-ha-sufrido-enfermedades-de-piel-segun-un-estudio.html>
- [3] john E. hall, *sauer manual de enfermedades de la piel*, 9th ed. 2019.
- [4] R. Arenas Guzmán, “Dermatología Atlas, diagnóstico y tratamiento,” 7th ed., McGRAW-HILL, Ed. 2019.
- [5] H. JHON C, *SAUER MANUAL DE ENFERMEDADES DE LA PIEL*. Wolters Kluwer Health España, S.A., Lippincott Williams & Wilkins.
- [6] roberto Arenas Guzman, *Dermatología Atlas, diagnóstico y tratamiento*, Séptima edición. McGRAW-HILL,.
- [7] arenas Roberto, *Dermatología Atlas, diagnóstico y tratamiento*, Séptima edición. McGRAW-HILL.
- [8] Fernando A. Moraga Llop, *Protocolos diagnósticos y terapéuticos en dermatología pediátrica*.
- [9] roberto arenas, *dermatologia atlas y diagnostico*, Séptima. McGRAW-HILL, 2019.
- [10] Fernando A. Moraga Llop, *Protocolos diagnósticos y terapéuticos en dermatología pediátrica*. . ESMON pharma, S.L.
- [11] “www.mayoclinic.org,” <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/atopic-dermatitis-eczema/symptoms-causes/syc-20353273#dialogId30263779>.
- [12] D. A. Manzur J, *Dermatologia*.
- [13] www.mayoclinic.org, “herpes zoster,” <https://www.mayoclinic.org/es-es/skin-rash/sls-20077087?s=11>.
- [14] R. arenas Guzmán, *dermatología Atlas, diagnóstico y tratamiento*, Séptima. McGRAW-HILL, 2019.



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



- [15] <https://medlineplus.gov>, “urticaria.” <https://medlineplus.gov/spanish/hives.html>
- [16] fernando a Moraga Llop, *Protocolos diagnósticos y terapéuticos en dermatología pediátrica*. . ESMON pharma.
- [17] medlineplus.gov, “vitiligo.”
https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/2673.htm
- [18] R. A. Guzman, *dermatología Atlas, diagnóstico y tratamiento*, Séptima. McGRAW-HILL, 2019.
- [19] carlos ferrandiz, *Dermatología clínica*, 3 edicion. ELSEVIER.
- [20] www.topdoctors.es, “angiomas.” <https://www.topdoctors.es/diccionario-medico/angiomas#> (accessed Nov. 11, 2021).
- [21] www.doctorhoogstra.com, “angioma.” <https://doctorhoogstra.com/wiki/imagenes-de-angioma-de-cereza/> (accessed Nov. 11, 2021).
- [22] es.mathworks.com, “imagen rgb.”
https://es.mathworks.com/help/matlab/creating_plots/image-types.html
- [23] Alasdair McAndrew, *An Introduction to Digital Image Processing with Matlab*, Imagen RGB.
- [24] es.mathworks.com, “escala de grises.” <https://es.mathworks.com/help/images/grayscale-images.html>
- [25] Alasdair McAndrew 1, *An Introduction to Digital Image Processing with Matlab* .
- [26] es.mathworks.com, “metodo de otsu.”
<https://es.mathworks.com/help/images/ref/graythresh.html>
- [27] es.mathworks.com, “metodo de canny.”
<https://es.mathworks.com/help/images/ref/edge.html>
- [28] sites.google.com, “algoritmo de canny.”
<https://sites.google.com/site/graficacion22012/ubaldino/algoritmo-de-canny>
- [29] www.famaf.unc.edu.ar, “metodo de sobel.”
<https://www.famaf.unc.edu.ar/~pperez1/manuales/cim/cap4.html#EqLXXIII>
- [30] es.mathworks.com, “rangefilt.” <https://es.mathworks.com/help/images/ref/rangefilt.html>



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co



ACREDITADA INSTITUCIONALMENTE
¡Seguimos avanzando!



- [31] <http://www.sc.ehu.es>, “fft.” http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/datos/fourier/fourier_1.html
- [32] JOHN W. LEIS University of Southern Queensland, “DIGITAL SIGNAL PROCESSING USING MATLAB FOR STUDENTS AND RESEARCHERS.”
- [33] J. R. Azor Montoya, “LA TRANSFORMADA WAVELET”.
- [34] la.mathworks.com, “dwt.” <https://la.mathworks.com/help/wavelet/ref/dwt.html>
- [35] E. V. Fernando Vilariño, “Support Vector Machines (SVM): Desarrollo matemático,” *universidad autónoma de barcelona*.
- [36] L. Enrique Mendoza, *Procesamiento de Datos Discretos en 1D y 2D, Usando Fourier, Coseno y Wavelet*. Universidad de Pamplona Colombia, 2020.
- [37] <http://openclassroom.stanford.edu>, “RBF kernel.” <http://openclassroom.stanford.edu/MainFolder/DocumentPage.php?course=MachineLearning&doc=exercises/ex8/ex8.html> (accessed Nov. 14, 2021).
- [38] <https://la.mathworks.com>, “AppDesigner.” <https://la.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html> (accessed Nov. 14, 2021).



SC-CER96940



“Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz”

Universidad de Pamplona
Pamplona - Norte de Santander - Colombia
Tels: (7) 5685303 - 5685304 - 5685305 - Fax: 5682750
www.unipamplona.edu.co