



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INFORMÁTICA
Grado Ingeniería de la Salud

TRABAJO FIN DE GRADO

**Influencia de Variables Exógenas en la Detección de
Enfermedades de Piel mediante Redes Neuronales y Análisis
de Imágenes Médicas**

Autor/es:

Paula Poley Ceballos

Tutor/es:

Belén Vega Márquez

Departamento:

Lenguajes y Sistemas Informáticos

Sevilla, junio de 2024

Resumen

Las enfermedades de la piel abarcan una amplia variedad de afecciones, desde dermatitis hasta formas agresivas como el cáncer de piel. La detección temprana de estas afecciones es crucial para asegurar un tratamiento efectivo y mejorar los resultados clínicos.

El trabajo emplea redes neuronales convolucionales, que incluyen Densenet121, MobileNetV2, ResNet50, EfficientNetB0, Xception y una CNN diseñada desde cero, para analizar imágenes médicas con el fin de mejorar la precisión y eficiencia en el diagnóstico de enfermedades cutáneas.

El cáncer de piel se posiciona como el tipo de cáncer más frecuente a nivel mundial, representando aproximadamente uno de cada tres casos de cáncer diagnosticados. Su incidencia está en aumento, fenómeno atribuido al creciente impacto observable de los efectos adversos del cambio climático. Se estima que el 90% de los casos de este tipo de cáncer pueden ser tratados de manera efectiva si se detectan en etapas tempranas.

La finalidad de este proyecto se centra en desarrollar un sistema altamente preciso para predecir siete clases específicas de cánceres de piel. Además, se investiga la influencia de variables exógenas en el rendimiento de los modelos predictivos. Se espera que este enfoque tenga un impacto positivo en la detección temprana y el tratamiento efectivo de enfermedades de la piel, especialmente el cáncer cutáneo.

Para alcanzar este objetivo, se desarrolla una interfaz de usuario que permite a los usuarios cargar imágenes de lesiones cutáneas y obtener predicciones del modelo. Asimismo, la interfaz les facilita ingresar datos de variables exógenas, lo que les permitirá explorar cómo diferentes factores afectan las predicciones del modelo.

Abstract

Skin diseases encompass a wide variety of conditions, from dermatitis to aggressive forms such as skin cancer. Early detection of these conditions is crucial to ensure effective treatment and improve clinical outcomes.

The work employs convolutional neural networks, including Densenet121, MobileNetV2, ResNet50, EfficientNetB0, Xception, and a CNN designed from scratch, to analyze medical images with the aim of enhancing accuracy and efficiency in the diagnosis of skin diseases.

Skin cancer stands as the most common type of cancer worldwide, accounting for approximately one in every three diagnosed cancer cases. Its incidence is on the rise, a phenomenon attributed to the increasing observable impact of the adverse effects of climate change. It is estimated that 90% of cases of this type of cancer can be effectively treated if detected at early stages.

The purpose of this project focuses on developing a highly accurate system to predict seven specific classes of skin cancers. Additionally, the influence of exogenous variables on the performance of predictive models is investigated. It is expected that this approach will have a positive impact on the early detection and effective treatment of skin diseases, especially skin cancer.

To achieve this goal, a user interface is developed that allows users to upload images of skin lesions and obtain predictions from the model. Additionally, the interface facilitates the input of exogenous variable data, enabling users to explore how different factors affect model predictions.

Agradecimientos

Quiero expresar mi agradecimiento a las personas que han sido y continúan siendo fundamentales en mi vida y en mi trayectoria académica.

En primer lugar, agradezco a mis padres, hermanas y familia. Su amor incondicional, sacrificio y apoyo constante han sido los pilares sobre los cuales he construido cada uno de mis logros. Cada sacrificio y cada palabra de aliento han sido mi luz en los momentos más oscuros y mi motivación en los desafíos. Vuestra presencia en mi vida es un regalo del que nunca dejaré de estar agradecida.

A mis amigos, mi familia elegida, les agradezco cada risa compartida, cada aventura vivida juntos y cada momento de apoyo mutuo. Asimismo agradezco a mi compañero de vida, su apoyo constante y amor han sido mi refugio en los momentos de incertidumbre

A todos los compañeros de carrera que he conocido, tanto en Málaga como en Sevilla, que han hecho mi camino más llevadero y a los profesores cuya pasión por enseñar elevó la experiencia de aprendizaje en su materia, motivándome a continuar mi camino educativo con entusiasmo.

Por último agradecer a Belén, mi tutora del TFG. Su compromiso, apoyo y orientación han sido fundamentales para llevar a cabo este proyecto con éxito.

Índice general

Resumen	2
Abstract	3
1.1. Motivación.....	13
1.2. Objetivos	13
1.3. Alcance y relevancia del estudio	14
2. Planificación	15
2.1. Estructura de trabajo.....	15
2.2. Planificación temporal	19
2.3. Presupuesto del proyecto.....	24
2.3.1. Coste del personal.....	24
2.3.2. Coste de software	27
2.3.3. Coste de hardware.....	28
2.3.4. Costes indirectos.....	29
2.3.5. Coste total	29
2.4. Gestión de riesgos	30
2.4.1. Riesgo individual del proyecto (R1)	35
2.4.2. Riesgo general del proyecto (R2)	37
2.4.3. Riesgo relacionado con evento (R3)	39
2.5. Desviación final del proyecto	41
3. Contexto	43
3.1. Enfermedades de la piel	43
3.2. Inteligencia artificial	48
3.3. Deep learning.....	50
3.3.1. Aplicaciones del Deep Learning	51
3.4. Redes neuronales.....	52
3.4.1. Estructura de una red neuronal	54
3.4.2. Tipos de redes neuronales.....	56

3.5.	Redes neuronales convolucionales	58
3.5.1.	Estructura de las CNN	59
3.5.2.	Aplicación de las CNN para imágenes médicas	61
3.5.3	CNN preentrenadas	63
3.6.	Variables exógenas	69
3.7.	Estado del arte	70
4.	Metodología	72
4.1.	Herramientas y tecnologías	72
4.1.1.	Lenguaje de programación	72
4.1.2.	Entorno de desarrollo	72
4.1.3.	Obtención de dataset	73
4.1.4.	Librerías	74
4.2.	Análisis de datos	76
4.3.	Preprocesamiento del dataset	80
4.4.	Implementación de la red neuronal convolucional	85
4.5.	Algoritmos de hiperparametrización	87
4.6.	Métricas	88
4.6.1.	Matriz de confusión	88
4.6.2.	Exactitud	90
4.6.3.	Precisión	91
4.6.4.	Recall	92
4.6.5.	F1-score	92
5.	RESULTADOS	96
5.1.	Recopilación de datos	96
5.2.	Resultado de entrenamiento	96
5.3.	Resultado de evaluación	99
5.3.1.	DenseNet121	100
5.3.2.	MobileNetV2	100
5.3.3.	Resnet50	101

5.3.4.	EfficientNetB0	101
5.3.5.	Xception	102
5.3.6.	CNN desde cero	102
5.4.	Comparación y discusión de resultados	103
5.5.	Plataforma web predicción	105
5.5.1.	Partes de la aplicación	105
5.5.2.	Requisitos de la aplicación	107
5.5.2.1.	Requisitos funcionales	107
5.5.2.2.	Requisitos no funcionales.....	109
5.5.3.	Pruebas realizadas	110
5.5.4.	Interfaz gráfica de la plataforma	113
5.5.5.	Detalles de implementación	117
6.	Conclusión.....	121
6.1.	Trabajo futuro	122
	Bibliografía	124

Índice de tablas

Tabla 1: Diccionario EDT con descripción de cada nivel o fase del proyecto.....	18
Tabla 2: Cronograma fechas del trabajo.....	18
Tabla 3: Planificación temporal- Investigación y análisis I	19
Tabla 4: Planificación temporal- Investigación y análisis II	19
Tabla 5: Planificación temporal- Investigación y análisis III	19
Tabla 6: Planificación temporal- Desarrollo del modelo I	20
Tabla 7: Planificación temporal- Desarrollo del modelo II	20
Tabla 8: Planificación temporal- Resultados I.....	20
Tabla 9: Planificación temporal- Resultados II.....	21
Tabla 10: Planificación temporal- Resultados III.....	21
Tabla 11: Planificación temporal- Documentación I	21
Tabla 12: Planificación temporal del proyecto	22
Tabla 13: Salario medio en Andalucía y tareas con respecto el perfil profesional...	24
Tabla 14: Coste estimado del personal	25
Tabla 15: Coste estimado del personal por actividad en proyecto de desarrollo del trabajo	26
Tabla 16: Fases tareas-coste	27
Tabla 17: Desglose de costos totales.....	29
Tabla 18: Escala de consecuencia o gravedad de riesgos según la guía PMBOK .	32
Tabla 19: Escala de probabilidad de riesgos según la guía PMBOK	33
Tabla 20: Gestión de riesgos: Factor de impacto	34
Tabla 21: Riesgo individual del proyecto	36
Tabla 22: Matriz de riesgo individual del proyecto	37
Tabla 23: Riesgo general del proyecto	38
Tabla 24: Matriz de riesgo general del proyecto	39
Tabla 25: Riesgo relacionado con evento.....	40
Tabla 26: Matriz de riesgo relacionado con evento.....	41
Tabla 27: Desviación final del proyecto	42
Tabla 28: Nº muertes por melanoma maligno en España [7]	44
Tabla 29: Células cutáneas : Benignas y malignas [8].....	44
Tabla 30: Tipos de células cutáneas del conjunto de datos.....	48
Tabla 31: Descripción detallada de las capas en una Red Neuronal [25]	55
Tabla 32: Clasificación redes neuronales por el número de capas [27]	57
Tabla 33: Clasificación redes neuronales por tipo de conexiones [27].....	57
Tabla 34: Clasificación redes neuronales por grado de conexiones [27]	58

Tabla 35: Clasificación redes neuronales por tipo de arquitectura [27]	58
Tabla 36: Variables exógenas y endógenas del conjunto de datos	70
Tabla 37: Librerías utilizadas en el trabajo	75
Tabla 38: Descripción de las variables junto con los valores únicos	77
Tabla 39: Resumen parámetros utilizados en la implementación de la CNN	85
Tabla 40: Comparación de hiperparámetros entre modelos preentrenados y CNN desde cero [43]	88
Tabla 41: Descripción de los elementos de evaluación con representaciones gráficas [50]	89
Tabla 42: Resultado de entrenamiento de modelos con variables exógenas vs sin variables exógenas	98
Tabla 43: Resultado de evaluación DenseNet121	100
Tabla 44: Resultado de evaluación MobileNetV2	100
Tabla 45 : Resultado de evaluación ResNet50	101
Tabla 46: Resultado de evaluación EfficientNetB0	102
Tabla 47: Resultado de evaluación Xception	102
Tabla 48: Resultado de evaluación CNN desde cero	102
Tabla 49: Tabla resultados de f1 score diferencia entre modelos con y sin variables exógenas	103
Tabla 50: Tabla resultados de f1 score de los modelos	103
Tabla 51: Pruebas realizadas	110

Índice de códigos

Código 1: Implementación preprocesamiento del modelo con variables exógenas I	83
Código 2: Implementación preprocesamiento del modelo con variables exógenas II	83
Código 3: Implementación preprocesamiento del modelo sin variables exógenas I ..	84
Código 4: Implementación preprocesamiento del modelo sin variables exógenas II ..	84
Código 5: Implementación preprocesamiento del modelo solo con las variables exógenas "age" y "dx_type"	84
Código 6: Implementación CNN con variables exógenas, en concreto ResNet50 ...	86
Código 7: Implementación CNN sin variables exógenas, en concreto ResNet50	87
Código 8: Implementación de métricas para evaluar el rendimiento de los modelos con variables exógenas	93
Código 9: Implementación de métricas para evaluar el rendimiento de los modelos sin variables exógenas	94
Código 10: Implementación de métricas para evaluar el rendimiento de los modelos por clase	94
Código 11: Implementación para la visualización de la matriz de confusión por clase	95
Código 12: Implementación: Ejemplo de imágenes clasificada	95
Código 13: Bibliotecas utilizadas	117
Código 14: Implementación de carga del modelo	118
Código 15: Preprocesamiento de la imagen	118
Código 16: Predicciones basadas en datos exógenos	119
Código 17: Implementación de botones, deslizadores y selección múltiple	119
Código 18: Implementación presentación de resultados	120
Código 19: Implementación imágenes y vídeos	120

Índice de figuras

Figura 1:Diccionario EDT - Estructura de desglose de trabajo	15
Figura 2: Diagrama de Gantt estimado.....	23
Figura 3: Gráfico fases tarea-coste	27
Figura 4: Gráfico coste total	30
Figura 5:Jerarquía de Tecnologías de Inteligencia Artificial [17]	49
Figura 6:Anatomía de una Neurona: componentes fundamentales. [23]	53
Figura 7: Representación fundamental de una neurona artificial. [23]	53
Figura 8: Resultado del reconocimiento en una imagen mediante una red neuronal. [24]	54
Figura 9: Esquema del recorrido de la ventana del filtro sobre la imagen. [29]	59
Figura 10: Ejemplo de una red neuronal con múltiples capas convolucionales [28]	61
Figura 11: Arquitectura de DenseNet – concatenación [33].....	63
Figura 12: Los dos componentes diferentes en el modelo MobileNetV2 [35].....	65
Figura 13: Arquitectura ResNet-50 (Mukherjee 2022) [36].....	66
Figura 14: Desglose de la Arquitectura de EfficientNet-B0, incluye la repetición de los módulos dentro del corchete dos veces (x2) [38].....	67
Figura 15: Elementos esenciales de la arquitectura EfficientNet: los 5 módulos fundamentales [39]	68
Figura 16: Arquitectura Xception: Flujo de entrada, Flujo medio y Flujo de salida [40]	69
Figura 17: Distribución "cell_type": Representación en barras	77
Figura 18: Distribución "dx_type" y "sex": Representación en gráfico de sectores..	78
Figura 19: Distribución "localization" y "age": Representación en barras	78
Figura 20: Mapa de calor (Heatmap) de correlación entre variables exógenas	79
Figura 21: Importancia de las características en el modelo de clasificación "cell_type_idx" mediante bosques aleatorios (ordenadas por importancia)	80
Figura 22: División de datos para entrenamiento, validación y prueba.	82
Figura 23: Matriz de confusión (De los Santos 2023)	90
Figura 24: Matriz de confusión y cálculo de exactitud (accuracy) [51]	90
Figura 25: Matriz de confusión y cálculo de precisión [51].....	91
Figura 26:Matriz de confusión y cálculo de sensibilidad (Recall) [51]	92
Figura 27: Fórmula del F1-score [52]	93
Figura 28:Gráfica resultados de f1 score de los modelos	104
Figura 29: Partes de la aplicación web de predicción	106
Figura 30: Prueba selección de los botones de Menú de Navegación.....	111

Figura 31: Prueba carga de imágenes.....	111
Figura 32: Prueba selección de las variables exógenas (género, edad, localización de la lesión cutánea y tipo de diagnóstico).....	111
Figura 33: Prueba restricciones.....	112
Figura 34: Prueba predicción	112
Figura 35: Prueba redirección de fuente.....	113
Figura 36: Prueba reproducción de vídeo y redirección a YouTube	113
Figura 37: Plataforma web – Inicio	114
Figura 38: Plataforma web – Escáner	114
Figura 39: Plataforma web - Sobre el escáner I.....	115
Figura 40: Plataforma web - Sobre el escáner II.....	115
Figura 41: Plataforma web - Sobre lesiones cutáneas.....	116
Figura 42: Plataforma web - Factores de riesgo	116
Figura 43: Plataforma web - Prevención y detección precoz	117

adicional que resulta útil para la predicción. Es posible que estas variables contengan señales relevantes que el modelo puede aprovechar para mejorar su capacidad predictiva.

En resumen, estos hallazgos sugieren que el rendimiento de los modelos de clasificación puede variar según la selección de variables y que el F1 Score es una métrica útil para evaluar el rendimiento de los modelos, especialmente en situaciones de desbalance en las clases. Además, la inclusión de variables exógenas mejora el rendimiento predictivo de los modelos en la clasificación.

5.5. Plataforma web predicción

Esta sección expone las partes y los requisitos de la aplicación web, así como las pruebas realizadas, interfaz gráfica de la plataforma y algunos detalles de la implementación.

5.5.1. Partes de la aplicación

Como se ve en la Figura 29 las partes de la aplicación son:

- **Inicio** = En esta sección, los usuarios son recibidos con un menú de navegación que les permite explorar las diferentes secciones de la aplicación y con una pantalla de bienvenida que les proporciona instrucciones sobre cómo utilizar el escáner para obtener la predicción del diagnóstico.
- **Escáner** = En esta sección, los usuarios pueden cargar una imagen de la lesión cutánea que desean analizar. Después de cargar la imagen, deben completar los datos requeridos, como el género, la edad, la localización de la lesión y el tipo de diagnóstico. Una vez que todos los datos han sido proporcionados, los usuarios pueden hacer clic en el botón "Realizar predicción" para obtener un diagnóstico. Esta sección proporciona una herramienta interactiva para la evaluación inicial de las lesiones cutáneas, que no debe sustituir la consulta médica profesional.
- **Sobre el escáner** = Esta sección permite a los usuarios cargar una imagen de su lunar y agregar información sobre factores como edad, sexo, localización de la lesión y tipo de diagnóstico para obtener una clasificación basada en siete clases diferentes de lunares. Se muestran siete imágenes, cada una representando uno de los tipos de lesiones cutáneas presentes en el conjunto de datos.

- **Sobre lesiones cutáneas** = En esta sección se da información general sobre las lesiones cutáneas, su importancia y cómo reconocerlas. Se incluye una imagen que muestra la diferenciación entre tumores benignos y malignos para ayudar a los usuarios a comprender mejor.
- **Factores de riesgo** = En esta sección se enumeran varios factores de riesgo asociados con las lesiones cutáneas, como la exposición al sol, los antecedentes familiares de cáncer de piel y la inmunosupresión. Se proporciona un vídeo con información sobre el cáncer de piel, sus causas, síntomas y prevención, ofrecido por la AECC (Asociación Española Contra el Cáncer).
- **Prevención y detección precoz** = Esta sección presenta estrategias para prevenir las lesiones cutáneas y detectarlas tempranamente. Se adjunta un vídeo sobre la regla del ABCD para la autoexploración, proporcionado por la Asociación Española Contra el Cáncer. Los usuarios pueden aprender sobre la importancia de realizar autoexámenes regulares de la piel y la detección temprana de posibles problemas cutáneos.



Figura 29: Partes de la aplicación web de predicción

5.5.2. Requisitos de la aplicación

Los requisitos de la aplicación son cruciales, según (Affde 2021) ya que proporcionan una guía clara sobre lo que se debe desarrollar, permitiendo un entendimiento común entre los equipos de desarrollo y los clientes. Establecen las bases para la planificación del proyecto, la estimación de costos y la evaluación del éxito del producto. Además, ayudan a priorizar tareas y recursos, lo que contribuye a la eficiencia y al cumplimiento de los objetivos comerciales.

Los requisitos funcionales detallan las acciones específicas que los usuarios llevan a cabo en un sistema o producto, delineando lo que necesita ser implementado. Estos requisitos abarcan todas las funciones esenciales que el usuario final específicamente solicita como componentes básicos para operar el sistema. Normalmente, se documentan en el contrato y se presentan en forma de datos que se integrarán en el sistema. Son los requisitos expresados por el usuario que pueden ser verificados y observados directamente en el producto final, en contraste con los requisitos no funcionales.

Por otro lado, los requisitos no funcionales describen las características y propiedades del sistema o producto de software, especificando cómo opera y qué cualidades tiene en particular. Principalmente se refieren a una variedad de características relacionadas con la calidad del producto, tales como su fiabilidad, capacidad de escalabilidad, rendimiento y más. Estos requisitos no funcionales buscan satisfacer las expectativas del usuario, ya que representan atributos esenciales del producto.

5.5.2.1. Requisitos funcionales

RF-01. Inicio

- **RF-01.1:** El sistema muestra las diferentes acciones disponibles, incluyendo opciones como "Inicio", "Escáner", "Sobre el escáner", "Sobre lesiones cutáneas", "Factores de riesgo" y "Prevención y detección precoz".

RF-02. Escáner

- **RF-02.1:** El sistema permite a los usuarios cargar una imagen de una lesión cutánea. Debe subir la imagen antes de realizar la predicción obligatoriamente.

- **RF-02.2:** El sistema solicita a los usuarios completar datos como género, edad, localización de la lesión cutánea y tipo de diagnóstico. Todos los campos deben completarse antes de realizar la predicción obligatoriamente.
- **RF-02.3:** El sistema realiza una predicción utilizando el modelo de aprendizaje automático proporcionado.
- **RF-02.4:** El sistema muestra el resultado de la predicción, proporcionando un diagnóstico de la lesión cutánea.

RF-03. Sobre el escáner

- **RF-03.1:** El sistema proporciona información sobre el funcionamiento del escáner de lesiones cutáneas, incluyendo qué tipos de lesiones puede identificar.
- **RF-03.2:** El sistema redirige a una nueva pestaña que abre la página web de donde se obtuvo la información al hacer clic en la fuente de la información.

RF-04. Sobre lesiones cutáneas

- **RF-04.1:** El sistema presenta información sobre los diferentes tipos de lesiones cutáneas, incluyendo imágenes y descripciones de lesiones benignas y malignas. Se resalta la importancia de monitorear cualquier cambio en la piel y consultar a un médico ante la presencia de lesiones sospechosas.
- **RF-04.2:** El sistema redirige a una nueva pestaña que abre la página web de donde se obtuvo la información al hacer clic en la fuente de la información.

RF-05. Factores de riesgo

- **RF-05.1:** El sistema ofrece información sobre los factores de riesgo asociados con las lesiones cutáneas, como la exposición al sol, antecedentes familiares de cáncer de piel y características personales de la piel.
- **RF-05.2:** El sistema redirige a una nueva pestaña que abre la página web de donde se obtuvo la información al hacer clic en la fuente de la información.
- **RF-05.3:** El sistema reproduce el vídeo y también puede redirigir al usuario al vídeo en YouTube

RF-06. Prevención y detección precoz

- **RF-06.1:** El sistema proporciona consejos y estrategias para la prevención y detección precoz de lesiones cutáneas.
- **RF-06.2:** El sistema reproduce el vídeo y también puede redirigir al usuario al vídeo en YouTube.

5.5.2.2. Requisitos no funcionales

RNF-01. Disponibilidad

- **RNF-01.1.** El sistema mantiene su disponibilidad en todo momento para los usuarios, maximizando su accesibilidad.

RNF-02. Seguridad

- **RNF-02.1.** El sistema implementa medidas de seguridad para garantizar la protección de la privacidad y confidencialidad de los datos de los usuarios, especialmente durante la carga y procesamiento de imágenes de lesiones cutáneas.

RNF-03. Rendimiento

- **RNF-03.1.** El sistema proporciona resultados precisos en un tiempo de respuesta rápido y fluido, asegurando una experiencia eficiente para los usuarios.

RNF-04. Interfaz

- **RNF-04.1.** El sistema presenta una interfaz con un diseño claro y sencillo, permitiendo que los usuarios accedan intuitivamente a sus funcionalidades.

RNF-05. Usabilidad

- **RNF-05.1.** El sistema requiere una conexión a internet para su funcionamiento adecuado.

RNF-06. Portabilidad

- **RNF-06.1.** El sistema es compatible con diversos sistemas operativos y navegadores web, garantizando su accesibilidad para una amplia variedad de usuarios.

RNF-07. Mantenimiento

- **RNF-07.1.** El sistema está estructurado y comentado de manera adecuada, facilitando su mantenimiento y posibles actualizaciones en el futuro.

5.5.3. Pruebas realizadas

De acuerdo con [54] “Detrás de cada plataforma digital de éxito, hay un robusto proceso de pruebas que garantiza la funcionalidad, seguridad y facilidad de uso. Este método es imperativo para asegurar que el producto final no sólo responda a las expectativas de los desarrolladores, sino que también exceda las del usuario final.”

Las pruebas realizadas en este proyecto se centran en revisar manualmente los contenidos del proyecto a través de la navegación de sus vistas, verificando que responde a las expectativas generadas, asegurando el correcto funcionamiento y la calidad de la misma. Estas pruebas se ejecutan en cada nueva versión de la aplicación.

La Tabla 51 proporciona un resumen claro y conciso de los resultados obtenidos durante estas pruebas. Enumera las acciones o funciones realizadas en la aplicación, junto con una indicación de si cada acción ha sido verificada (representada por "Si") y una referencia a la figura asociada.

Acción	Validación	Figura
Selección de los botones de Menú de Navegación	Si	Figura 30
Carga de imágenes	Si	Figura 31
Selección género, edad, localización de la lesión cutánea y tipo de diagnóstico	Si	Figura 32
Restricción para subir la imagen antes de la predicción y para seleccionar los datos. (variables exógenas)	Si	Figura 33
Realizar predicción	Si	Figura 34
Redirigir cuando se le da a la fuente de cada módulo	Si	Figura 35
Reproducir vídeo y redirigir al usuario al vídeo en YouTube	Si	Figura 36

Tabla 51: Pruebas realizadas

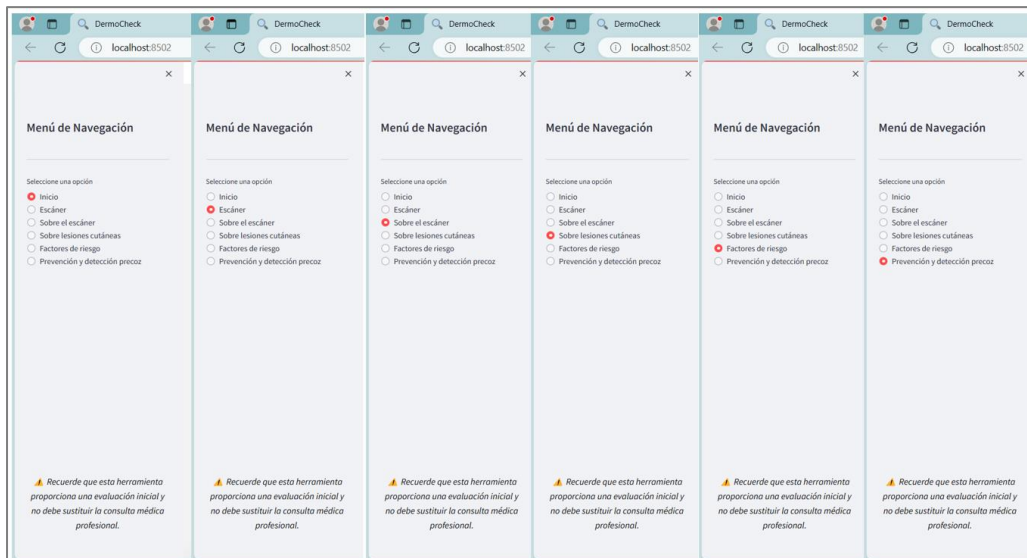


Figura 30: Prueba selección de los botones de Menú de Navegación

Cargue la imagen de la lesión cutánea

Seleccione o arrastre y suelte la imagen de la lesión cutánea:

Drag and drop file here

Limit 200MB per file

Browse files

lunar.jpeg 12.9KB

Figura 31: Prueba carga de imágenes

Complete los datos

Género:

☐ female
☒ male
☐ unknown

Edad:

0 47 100

Localización de la lesión cutánea:

foot

Tipo de Diagnóstico:

consensus

Realizar predicción

Figura 32: Prueba selección de las variables exógenas (género, edad, localización de la lesión cutánea y tipo de diagnóstico)

Realizar predicción

Por favor, cargue una imagen antes de realizar la predicción.

Realizar predicción

Por favor, complete todos los datos antes de realizar la predicción.

Figura 33: Prueba restricciones

Drag and drop file here
Limit 200MB per file

Browse files

lunar.jpeg 12.9KB

X

Complete los datos

Género:

☐ female

☒ male

☐ unknown

Edad:

0 47 100

Localización de la lesión cutánea:

foot X

Tipo de Diagnóstico:

confocal X

Realizar predicción




Imagen de Lesión Cutánea

La predicción es: Melanoma

Figura 34: Prueba predicción

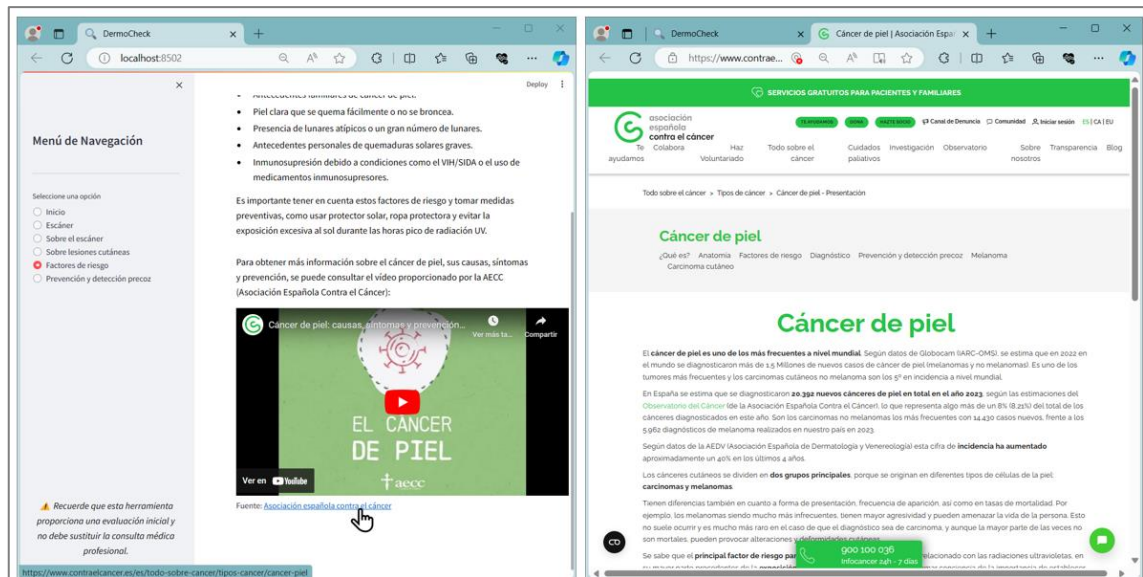


Figura 35: Prueba redirección de fuente

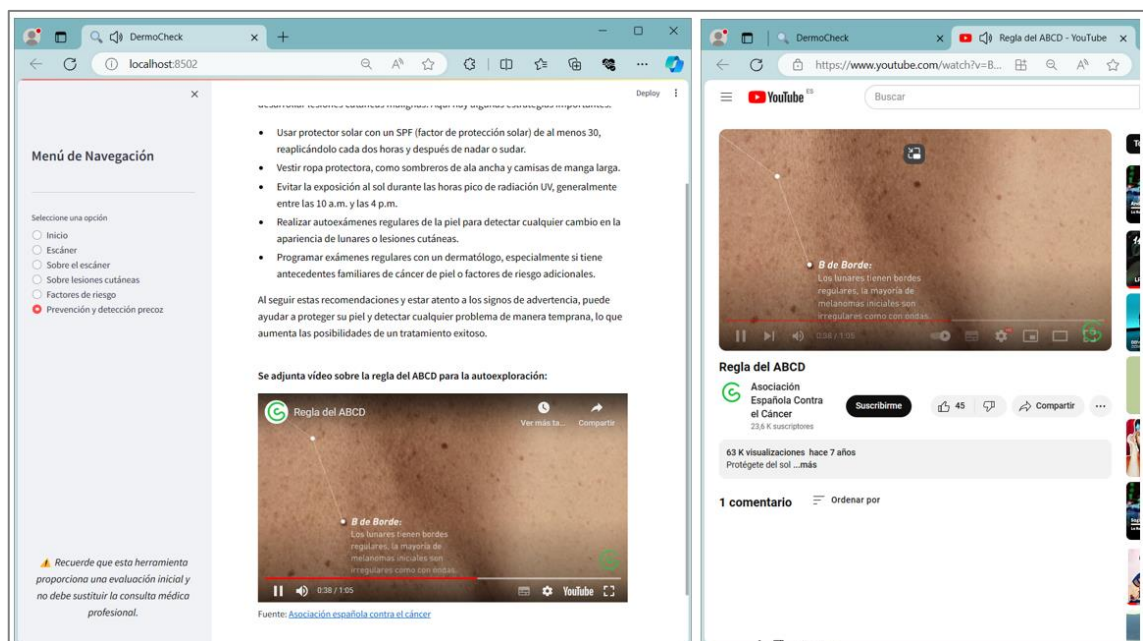


Figura 36: Prueba reproducción de vídeo y redirección a YouTube

5.5.4. Interfaz gráfica de la plataforma

La interfaz de usuario refleja la primera impresión que los usuarios experimentan al interactuar con cualquier aplicación web.

En el caso de "DermoCheck", desempeña un papel crucial al ofrecer una experiencia sencilla y accesible para la detección de enfermedades de la piel.

Las siguientes capturas de pantalla ofrecen una visión detallada de cómo la plataforma presenta la información, desde el inicio (figura 37) hasta la sección de prevención y detección precoz (figura 43) pasando por el escáner (figura 38), sobre el escáner (figura 39 y 40), sobre lesiones cutáneas (figura 41) y factores de riesgo (figura 42)

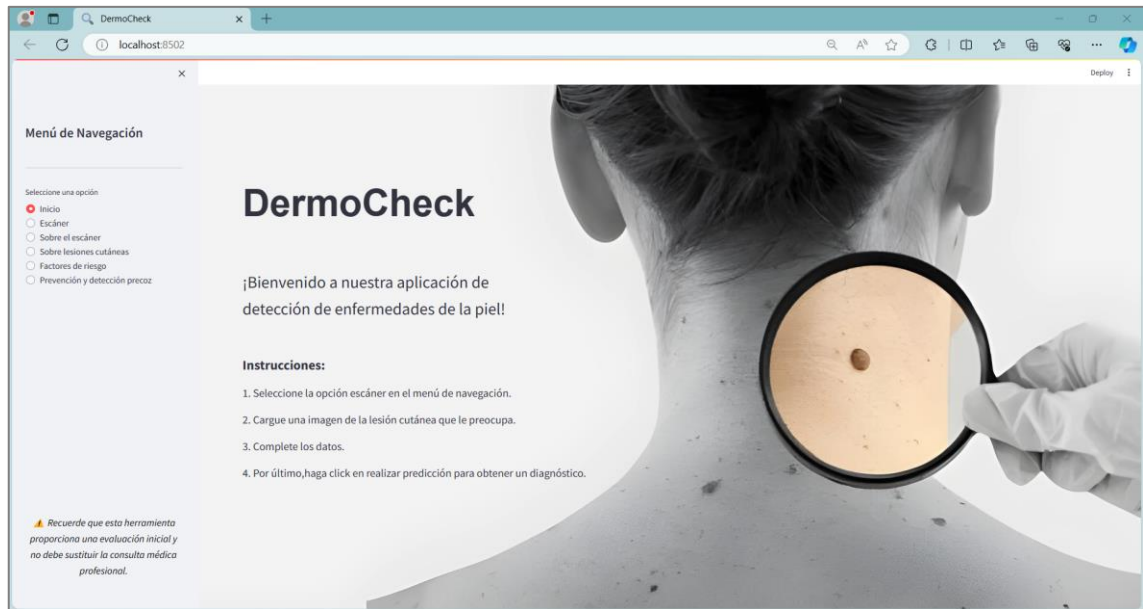


Figura 37: Plataforma web – Inicio

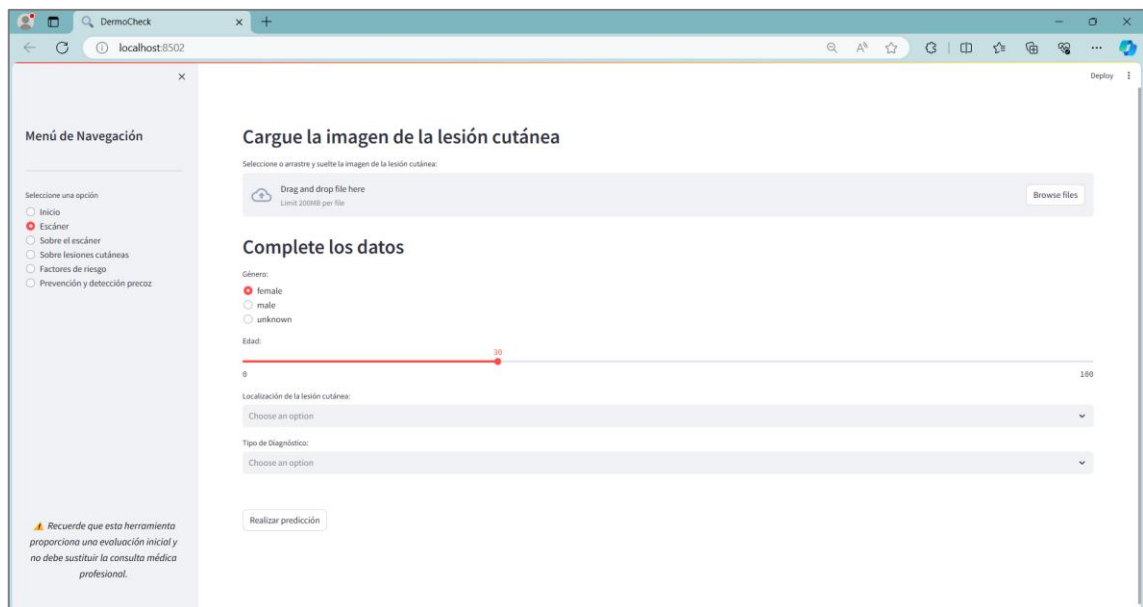


Figura 38: Plataforma web – Escáner



Figura 39: Plataforma web - Sobre el escáner I

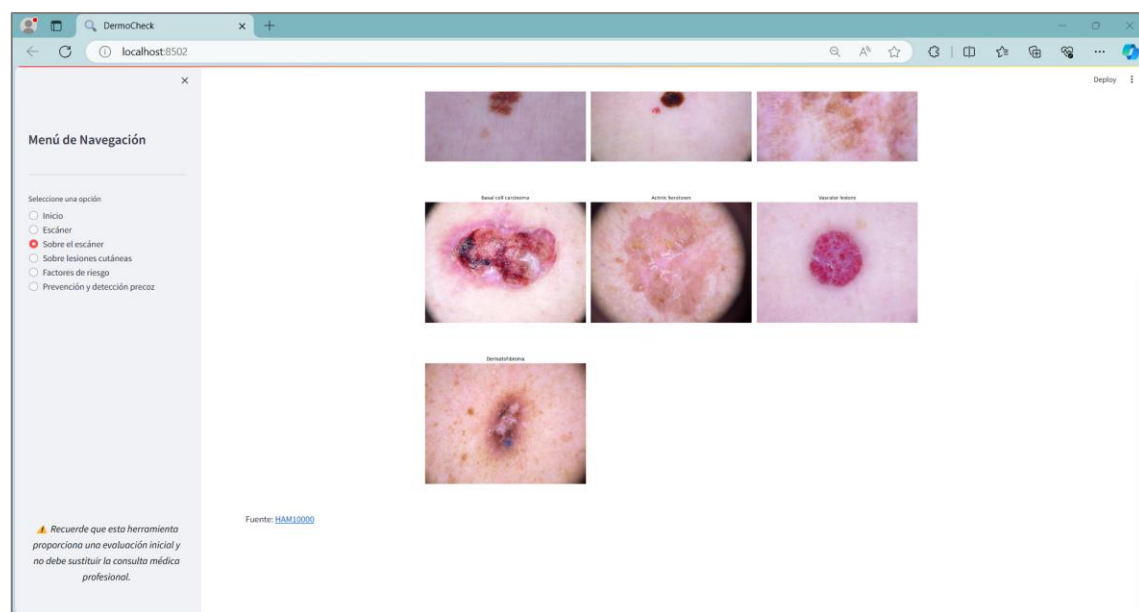


Figura 40: Plataforma web - Sobre el escáner II

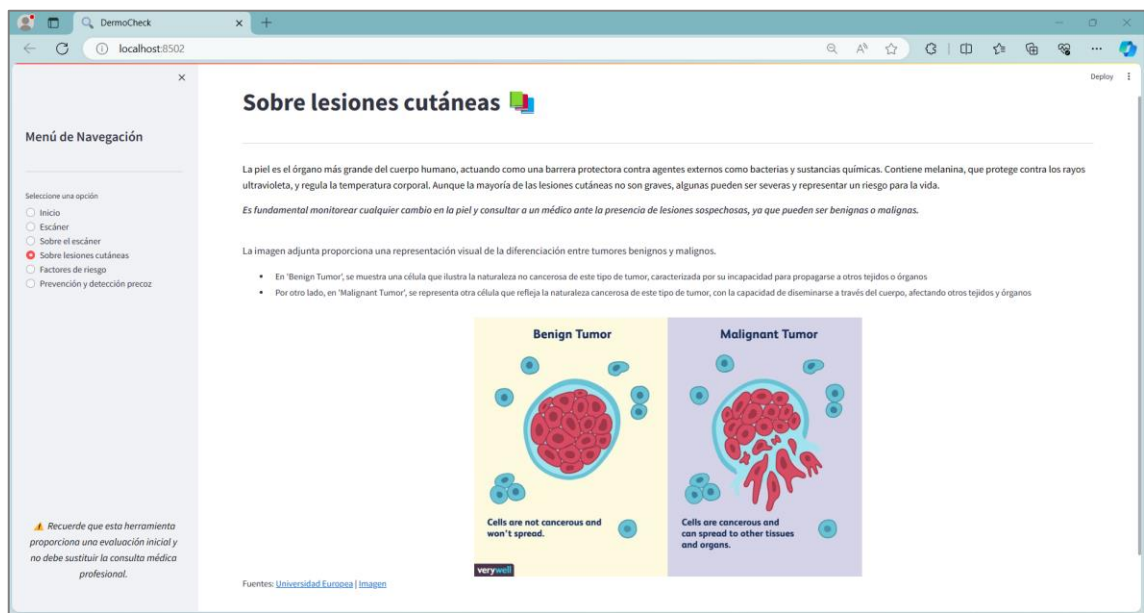


Figura 41: Plataforma web - Sobre lesiones cutáneas



Figura 42: Plataforma web - Factores de riesgo

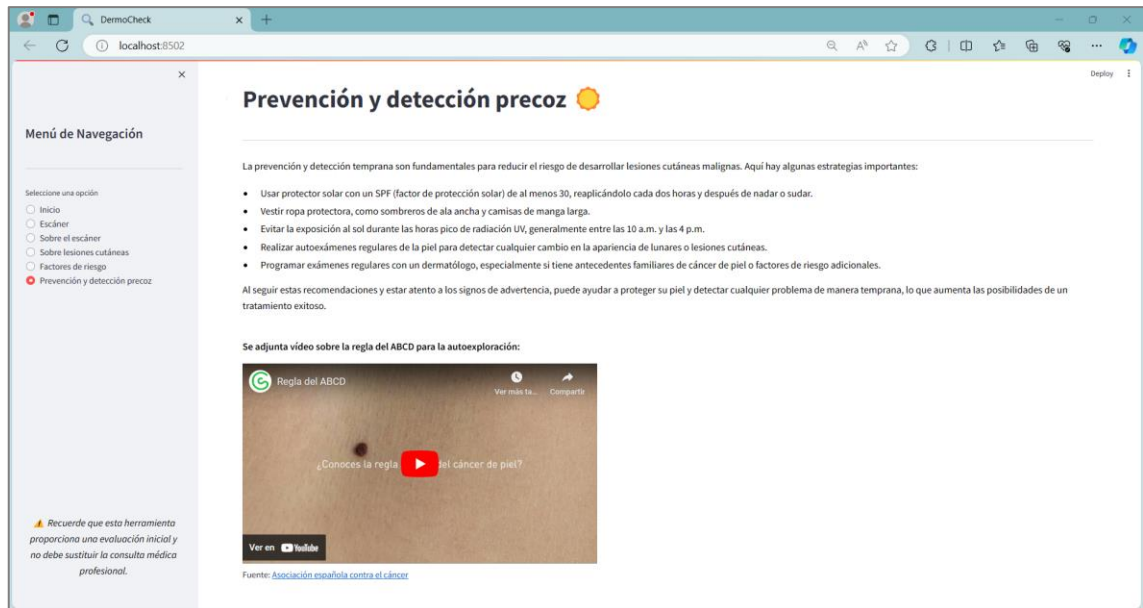


Figura 43: Plataforma web - Prevención y detección precoz

5.5.5. Detalles de implementación

En este apartado, se exploran en detalle los elementos de implementación que dan vida a la aplicación "DermoCheck". Desde la carga del modelo preentrenado hasta la presentación de resultados y la personalización del diseño, cada aspecto resulta vital en la experiencia del usuario y la efectividad del sistema.

Carga de modelo preentrenado:

- Se utiliza la biblioteca Keras para cargar un modelo de red neuronal preentrenado en este caso se ha elegido el de mayor precisión así como otras bibliotecas como Streamlit, io, base64, y PIL

```
import streamlit as st
import io
import base64
import numpy as np
from PIL import Image
from keras.models import load_model
from keras.applications.efficientnet import preprocess_input
```

Código 13: Bibliotecas utilizadas

- El modelo con mayor precisión (EfficientNetB0) se carga desde una ruta de archivo especificada en la variable `model_path` y se utiliza la función `load_model` de Keras para cargar el modelo desde el archivo especificado.

```
def render_escaner():
    #ruta
    model_path = 'D:\\Users\\paula\\Escritorio\\modelo_preentrenado.h5'

    # Cargar el modelo
    @st.cache_resource
    def load_saved_model(model_path):
        model = load_model(model_path)
        return model

    model = load_saved_model(model_path)
```

Código 14: Implementación de carga del modelo

Preprocesamiento de imágenes:

- Antes de realizar predicciones, las imágenes de las lesiones cutáneas se preprocesan para que coincidan con el formato esperado por el modelo. Esto implica cambiar el tamaño de la imagen a 64x64 píxeles. La función `preprocess_image` se encarga de este preprocesamiento.

```
# Función para preprocesar la imagen
def preprocess_image(image):
    image = image.resize((64, 64)) # Cambiar tamaño para que coincida
    image = np.array(image)
    image = preprocess_input(image)
    return image
```

Código 15: Preprocesamiento de la imagen

Predicciones basadas en datos exógenos:

- Además de las imágenes de las lesiones cutáneas, la aplicación solicita información adicional al usuario, como género, edad, localización de la lesión y tipo de diagnóstico. Esta información se utiliza junto con la imagen para realizar predicciones más precisas.
- Se codifican los datos categóricos (género, localización y tipo de diagnóstico) para que puedan ser utilizados por el modelo.

```

# Función para hacer predicciones
def predict(image, gender, age, localization, dx_type):
    processed_image = preprocess_image(image)
    # Convertir gender y age a números
    gender_num = 1 if gender == 'male' else 0 # Asignar 1 a masculino y 0 a femenino
    age_num = float(age) # Convertir edad a float
    # Convertir localization a números
    localization_num = [1 if loc in localization else 0 for loc in ['abdomen', 'scalp', 'back', 'ear', 'face',
                                                                    'foot', 'hand', 'lower extremity', 'neck', 'trunk', 'upper extremity', 'unknown']]
    # Asegurar que localization tenga una longitud de 12 (el mismo que en la creación del modelo)
    localization_num += [0] * (12 - len(localization_num))
    # Asegurar que dx_type tenga una longitud de 4 (el mismo que en la creación del modelo)
    dx_type_encoded = [0, 0, 0, 0] # Inicializar con ceros
    if dx_type == 'histo':
        dx_type_encoded[0] = 1
    elif dx_type == 'consensus':
        dx_type_encoded[1] = 1
    elif dx_type == 'confocal':
        dx_type_encoded[2] = 1
    elif dx_type == 'follow_up':
        dx_type_encoded[3] = 1
    # Concatenar todas las características tabulares
    tabular_input = [gender_num, age_num] + localization_num + dx_type_encoded
    # Asegurar que tabular_input tenga una longitud de 21 (el mismo que en la creación del modelo)
    tabular_input += [0] * (21 - len(tabular_input))
    # Convertir a numpy array
    tabular_input = np.array(tabular_input).reshape(1, -1)

    # Modelo toma dos entradas
    prediction = model.predict([np.expand_dims(processed_image, axis=0), tabular_input])
    return np.argmax(prediction)

```

Código 16: Predicciones basadas en datos exógenos

Interfaz de usuario interactiva:

- Se utiliza Streamlit para una interfaz de usuario interactiva. Proporciona elementos como botones de radio, deslizadores y selección múltiple para una interacción intuitiva. Los usuarios pueden seleccionar opciones y realizar acciones fácilmente, mejorando la experiencia.

```

# Sección de variables exógenas
st.header('Complete los datos')
gender = st.radio('Género: ', ['female', 'male', 'unknown'])
age = st.slider('Edad:', min_value=0, max_value=100, value=30)
localization = st.multiselect('Localización de la lesión cutánea:', ['abdomen', 'scalp', 'back',
                                                                    'ear', 'face', 'foot', 'hand', 'lower extremity', 'neck', 'trunk',
                                                                    'upper extremity', 'unknown'])
dx_type = st.multiselect('Tipo de Diagnóstico:', ['histo', 'consensus', 'confocal', 'follow_up'])

# Botón de predicción
if uploaded_image is not None and st.button('Realizar predicción'):

```

Código 17: Implementación de botones, deslizadores y selección múltiple

Presentación de resultados:

- Después de que el usuario carga una imagen y completa los datos, la aplicación muestra la imagen cargada junto con la predicción realizada por el modelo.
- Se utiliza un diccionario de nombres de clases para mapear los resultados numéricos de la predicción a nombres legibles para el usuario.

```

# Botón de predicción
if uploaded_image is not None and st.button('Realizar predicción'):
    # Verificar si se han completado todos los campos
    if gender != 'unknown' and age != 0 and localization and dx_type:
        st.image(uploaded_image, caption='Imagen de Lesión Cutánea', width=400)
        # Resto del código para la predicción...
        # Codificar dx_type como one-hot
        dx_type_encoded = [0, 0, 0, 0] # Inicializar con ceros
        if dx_type == 'histo':
            dx_type_encoded[0] = 1
        elif dx_type == 'consensus':
            dx_type_encoded[1] = 1
        elif dx_type == 'confocal':
            dx_type_encoded[2] = 1
        elif dx_type == 'follow_up':
            dx_type_encoded[3] = 1

        # Convertir género y edad a cadenas
        gender = str(gender)
        age = str(age)

        # Definir el diccionario de nombres de clases
        class_names = {
            0: 'Benign keratosis-like lesions',
            1: 'Melanocytic nevi',
            2: 'Dermatofibroma',
            3: 'Melanoma',
            4: 'Vascular lesions',
            5: 'Basal cell carcinoma',
            6: 'Actinic keratoses'
        }

        # Hacer predicción
        prediction_num = predict(Image.open(uploaded_image), gender, age, localization, dx_type_encoded)

        # Obtener el nombre correspondiente a la predicción numérica
        prediction_name = class_names.get(prediction_num, 'Clase Desconocida')

        # Mostrar la predicción
        st.write('<span style="font-size:20px; font-weight:bold;">La predicción es:</span>', prediction_name, unsafe_allow_html=True)
    else:
        st.error("Por favor, complete todos los datos antes de realizar la predicción.")
elif uploaded_image is None and st.button('Realizar predicción'):
    st.error("Por favor, cargue una imagen antes de realizar la predicción.")

```

Código 18: Implementación presentación de resultados

Estilo y personalización:

- Se utiliza CSS para personalizar el aspecto de la aplicación, incluida la adición de una imagen de fondo y estilos de texto.
- Se agregan imágenes y videos incrustados para proporcionar información adicional y visualizar conceptos relevantes.

```

st.markdown(
    '<div style="display: flex; justify-content: center;">'
    ''
    '</div>',
    unsafe_allow_html=True)
st.write("Fuentes: [Universidad Europea](https://universidadeuropea.com/blog/tipos-lesiones-piel/) | "
        "[Imagen](https://medicinabasica.com/diferencias-entre-un-tumor-maligno-y-benigno)")

st.markdown('<iframe width="640" height="360" src="https://www.youtube.com/embed/Tp_WaONfEIU" frameborder="0" allowfullscreen></iframe>', unsafe_allow_html=True)
st.write("Fuente: [Asociación española contra el cáncer](https://www.contraelcancer.es/es/todo-sobre-cancer/tipos-cancer/cancer-piel)")

```

Código 19: Implementación imágenes y vídeos

6. Conclusión

En este proyecto se ha llevado a cabo el estudio del impacto de variables exógenas, como la ubicación de la lesión, la edad, el sexo del paciente y el tipo de diagnóstico, en la precisión y eficacia de los modelos de detección de enfermedades de la piel. Se han desarrollado dos enfoques de detección utilizando redes neuronales convolucionales (CNN): uno que considera variables exógenas y otro que no las considera. Diversas arquitecturas de modelos preentrenados, incluyendo DenseNet121, MobileNetV2, ResNet50, EfficientNetB0, Xception, así como una CNN diseñada desde cero se emplearon para clasificar siete afecciones cutáneas, utilizando una colección de imágenes de alta resolución de lesiones cutáneas etiquetadas.

Se han logrado cumplir los objetivos propuestos para este proyecto, ya que los resultados muestran que la inclusión de variables exógenas mejora la precisión de los modelos de clasificación de imágenes. Tanto los modelos entrenados desde cero como algunos modelos preentrenados, como Xception y DenseNet, presentan resultados prometedores en la detección de enfermedades cutáneas. La elección del modelo influye significativamente en el rendimiento de la clasificación, lo que subraya la importancia de seleccionar la arquitectura más adecuada.

Con respecto a la utilidad de la información exógena, se observa que la inclusión de todas las variables exógenas, como la ubicación de la lesión, la edad, el sexo del paciente y el tipo de diagnóstico, resulta beneficiosa para mejorar la capacidad predictiva de los modelos. Aunque las correlaciones entre estas variables y la variable objetivo varían, se aprecia que la inclusión de todas las variables exógenas proporciona información adicional que el modelo puede aprovechar para mejorar su rendimiento predictivo.

En cuanto a la implementación de una plataforma web de predicción, se ha desarrollado una aplicación llamada "DermoCheck" que ofrece una herramienta interactiva para la evaluación inicial de las lesiones cutáneas. Los usuarios pueden cargar imágenes de lesiones cutáneas, completar los datos de las variables exógenas y obtener un diagnóstico de la lesión.