

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE  
DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE  
SISTEMAS E INFORMÁTICA



“APLICATIVO MÓVIL PARA LA DETECCIÓN DE LA  
ENFERMEDAD DEL MOSAICO COMÚN EN LA YUCA  
(*MANIHOT ESCULENTA*) UTILIZANDO REDES NEURONALES  
CONVOLUCIONALES, 2021”

**Tesis presentada por:**

DIAZ HOLGADO, Romario  
VILCAS VILLALBA, Denis Ricardo  
Para optar el título de Ingeniería en  
Sistemas e Informática.

**Asesor:** Dr. MIRANDA CASTILLO,  
Ralph

**Co-Asesor:** M.Sc. HOLGADO  
APAZA, Luis Alberto

Puerto Maldonado, 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE  
DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE  
SISTEMAS E INFORMÁTICA



“APLICATIVO MÓVIL PARA LA DETECCIÓN DE LA  
ENFERMEDAD DEL MOSAICO COMÚN EN LA YUCA  
(*MANIHOT ESCULENTA*) UTILIZANDO REDES NEURONALES  
CONVOLUCIONALES, 2021”

**TESIS PRESENTADO POR:**

DIAZ HOLGADO, Romario

VILCAS VILLALBA, Denis Ricardo

Para optar el título de Ingeniería en  
Sistemas e Informática.

**ASESOR:** Dr. MIRANDA CASTILLO,  
Ralph

**CO-ASESOR:** M.Sc. HOLGADO  
APAZA, Luis Alberto

Puerto Maldonado, 2021

## DEDICATORIA

A mi madre y a mi hermana mayor  
que nunca dejaron de creer en mí.

DIAZ HOLGADO, Romario.

Dedico la presente tesis a mi  
madre y hermana, pues sin  
ellas no lo habría logrado.

VILCAS VILLALBA, Denis  
Ricardo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, a mi hermana, a mis padrinos y toda persona que me ha apoyado en el camino.

VILCAS VILLALBA, Denis Ricardo

Agradezco a mi familia, a mis hermanos y a toda persona que me ha apoyado en el camino.

DIAZ HOLGADO, Romario

## PRESENTACIÓN

Con el fin de obtener el título en Ingeniería de Sistemas e Informática, apoyado en las normas del reglamento general de Grados y títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD), hacemos presente la siguiente investigación denominada “**APLICATIVO MÓVIL PARA LA DETECCIÓN DE LA ENFERMEDAD DEL MOSAICO COMÚN EN LA YUCA (*MANIHOT ESCULENTA*) UTILIZANDO REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES, 2021**”. La presente investigación busca dar una alternativa tecnológica al reconocimiento de la enfermedad del mosaico en las plantaciones de Yuca (*Manihot Esculenta*), se recolectó 3000 imágenes desde la plataforma Kaggle, que sirvieron para entrenar el modelo de Red Neuronal Convolutiva, y posteriormente se obtuvo 400 fotografías de hojas de yuca tanto enfermas como sanas, que fueron tomadas en los cultivos ubicados en: MADAMA – Tambopata, Sudadero – Tambopata, Bello Horizonte – Tambopata, Planchón – Tambopata, y Tres islas – Tambopata, con un celular REDMI NOTE, haciendo uso de la cámara trasera para tomar las fotografías. Estas 400 imágenes sirvieron para la validación de la Red.

Se trabajó en conjunto con la asociación civil “Unidos Tres Estrellas” para la implementación de la aplicación y las mediciones de las métricas de desempeño de esta misma.

Queriendo lograr así la inclusión de la tecnología en Inteligencia Artificial en la tarea de detectar la enfermedad del mosaico.

## RESUMEN

Esta tesis tiene como finalidad, implementar un Aplicativo Móvil que, usando un Modelo de Red Neuronal Convolutiva, sea capaz de detectar la enfermedad del mosaico a través de las hojas de la yuca. Se recolectó 3400 imágenes de hojas de yuca, donde 3000 sirvieron como entrenamiento y 400 para validación. El diseño usado en esta investigación es de tipo pre-experimental. El tipo de estudio utilizado es Aplicada y el Nivel de investigación es de tipo descriptiva. Se tomaron las 400 fotografías correspondientes a la validación, con un celular REDMI NOTE con cámara trasera de 48 Mpx y cámara frontal de 32 Mpx, haciendo uso de la cámara trasera para tomar las fotografías, de las cuales 200 de ellas son hojas sanas y 200 son hojas enfermas, y para su posterior implementación se trabajó con la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”. Para la variable dependiente se consideró el uso de encuestas y un muestreo sistemático en grilla, para la variable interviniente se consideraron las métricas arrojadas por defecto por la biblioteca de software Tensorflow 2.0, y finalmente utilizó la escala de Likert para la medición de la variable independiente. Teniendo como resultado la validez de las hipótesis tanto general como específicas. Concluyendo así que la implementación de un Aplicativo Móvil, mejora el proceso de detección de la enfermedad del mosaico en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”, además que se desarrolló una arquitectura propia y adecuada de la Red Neuronal Convolutiva para la clasificación correcta de las imágenes y se determinó que la eficacia de la aplicación influye en gran manera en el proceso para la detección de la enfermedad del mosaico.

Palabras Clave: Yuca, Mosaico Común, Red Neuronal Convolutiva.

## ABSTRACT

The purpose of this thesis is the development of a Mobile Application that, using a Convolutional Neural Network Model, is able to detect the mosaic disease through cassava leaves. We collected 3400 images of cassava leaves, where 3000 were used for training and 400 for validation. The research design is pre-experimental. The type of study used in this thesis is Applied type and the level of research is descriptive. The 400 images corresponding to the validation were taken with a REDMI NOTE cell phone with a 48 Mpx rear camera and a 32 Mpx front camera, making use of the rear camera to take the pictures, of which 200 of them are healthy leaves and 200 are diseased leaves, and for their subsequent implementation we worked with the civil association "Unidos Tres Estrellas". For the dependent variable we considered the use of surveys and systematic grid sampling, for the intervening variable we considered the default metrics provided by the Tensorflow 2.0 software library, and finally for the independent variable we used the Likert scale. The result was the validity of both the general and specific hypotheses. Thus, concluding that the implementation of a mobile application that uses a Convolutional Neural Network Model improves the detection process of mosaic disease in the civil association "Unidos Tres Estrellas", in addition to developing a Convolutional Neural Network architecture suitable for the correct classification of the images, so it was determined that the effectiveness of the mobile application significantly influences the detection process of mosaic disease.

Key words: Cassava, Common Mosaic, Convolutional Neural

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la yuca es una de las prácticas más rentables que existen, y esta requiere que los agricultores tengan conocimientos acerca de las distintas amenazas que pueden afectar a las plantaciones, y puedan detectar a tiempo estas enfermedades con continuos monitoreos. Es por ello que, como aspirantes al título de ingeniero de sistemas, buscamos mejorar este proceso de reconocimiento de la enfermedad del mosaico en la planta, analizando los cultivos y recogiendo muestras para así crear una solución que involucre la Inteligencia Artificial y asegurar una mayor exactitud del diagnóstico.

El sistema propuesto en esta investigación busca complementar el trabajo del agricultor con una mejor forma de detectar la enfermedad del mosaico en la planta de la yuca. El sistema consta de una aplicación móvil que, a través de la cámara del celular, pueda identificar las características que posee la hoja en estudio y determinar si estas características, son las que posee una hoja infectada con la enfermedad del mosaico.

El Aplicativo móvil hace uso de una Red Neuronal Convolutiva la cual fue creada y entrenada con 3400 imágenes, las cuales están conformadas de 1500 hojas sanas para entrenamiento y 200 hojas sanas para validación y también 1500 hojas enfermas para entrenamiento y 200 hojas enfermas para validación.

Contamos con que esta tesis siga evolucionando y sea el comienzo de futuras tesis que hagan uso de Inteligencia Artificial en la región de Madre de Dios.

La presente tesis está conformada por los capítulos:

Capítulo I: En este Capítulo se busca plantear la problemática de la investigación, donde se especifica los problemas generales y los problemas específicos, los objetivos generales y los objetivos específicos, y también se plantea la hipótesis principal e hipótesis específicas. En este capítulo se plantea también la justificación de la investigación llevada a cabo, concluyendo con las consideraciones éticas del proceso de la investigación.

Capítulo II. Se desarrolló la parte teórica de la investigación, buscando antecedentes internacionales, nacionales y regionales que tenían relación con la investigación. Seguidamente, plantea los cimientos teóricos y definiciones conceptuales que conforman la presente tesis.

Capítulo III. Se elige la metodología, el diseño, y el nivel de investigación de la presente tesis. Así como también se eligen los instrumentos utilizados para la recolección de datos.

Capítulo IV. Por último, Se muestra los resultados alcanzados tras implementar la aplicación y la Red Neuronal Convolutiva en la asociación civil Unidos Tres Estrellas, comprobando así la veracidad de las hipótesis de esta investigación.

Para culminar con la documentación de la presente tesis, se establece conclusiones y algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta.

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
RESUMEN .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	ix
ÍNDICE .....	xi
<b>CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.2.1. Problema principal.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.4.1. Justificación Teórica .....	3
1.4.2. Justificación Práctica .....	4
1.5. Hipótesis .....	4
1.5.1. Hipótesis General.....	4
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	4
1.6. Variables.....	4
1.6.1. Variable Dependiente .....	4
1.6.2. Variable Interviniente .....	5
1.6.3. Variable Independiente.....	5
1.7. Operacionalización de Variables .....	5
1.8. Consideraciones éticas .....	6
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1. Antecedentes de estudio.....	8
2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	8
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	12
2.1.3. Antecedentes Regionales .....	15
2.2. Marco teórico .....	15
2.2.1. Detección de la enfermedad del mosaico en la yuca (Variable Dependiente).....	15
2.2.2. Red Neuronal Convolutiva (Variable interviniente).....	26

2.2.3.    Aplicativo móvil (Variable Independiente) .....	33
2.3.    Definición de términos .....	44
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>48</b>
2.4.    Tipo de Investigación.....	48
2.5.    Diseño de la Investigación.....	48
2.6.    Nivel de Investigación.....	49
2.7.    Población y Muestra .....	49
2.8.    Técnica e instrumentos de recolección de datos.....	50
2.8.1.    Métodos y técnicas.....	50
2.8.2.    Instrumentos.....	50
<b>        CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE</b>	
<b>INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>51</b>
4.1.    Procesamiento y evaluación de resultados de la variable Independiente .	51
4.2.    Procesamiento y evaluación de resultados de la variable interviniente (Red Neuronal Convolutiva).....	53
4.3.    Prueba de hipótesis .....	55
4.3.1.    Prueba de hipótesis general.....	55
4.3.2.    Prueba de hipótesis específica 1 .....	58
4.3.3.    Prueba de Hipótesis específica 2 .....	59
4.4.    Análisis de software:.....	61
4.5.    Desarrollo y producción del sistema con la metodología XP.....	62
4.5.1.    Planificación .....	62
4.5.2.    Diseño .....	70
4.5.3.    Codificación.....	75
4.5.4.    Prueba.....	87
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS: .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>98</b>

## ANEXOS

<b>ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO 2: INSTRUMENTOS.....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXO 3: CONSTANCIA.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO 4: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO 5: RESULTADOS DE ENTRENAMIENTO DE LA RED NEURONAL. .....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>113</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1:</b> OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. ....	5
<b>TABLA 2:</b> DIFERENCIAS ENTRE LA METODOLOGIA XP Y SCRUM.....	37
<b>TABLA 3:</b> FASES DE DESARROLLO Y PRINCIPIOS XP.....	40
<b>TABLA 4:</b> EJEMPLO DE HISTORIA DE USUARIO. ....	41
<b>TABLA 5:</b> EJEMPLO DE TARJETA CRC.....	43
<b>TABLA 6:</b> EJEMPLO DE CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN.....	44
<b>TABLA 7:</b> REPRESENTACIÓN DE ESCALAS. ....	51
<b>TABLA 8:</b> RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS DIMENSIONES .....	52
<b>TABLA 9:</b> RESULTADOS DE LA EXACTITUD DEL MODELO.....	53
<b>TABLA 10:</b> RANGOS OBTENIDOS PARA EL VALOR W DE WILCOXON.....	56
<b>TABLA 11:</b> RESULTADOS DEL VALOR P Y $Z_c$ BASADO EN SIGNOS NEGATIVOS.....	57
<b>TABLA 12:</b> RESULTADOS DE LA PRUEBA T DE STUDENT PARA LA HIPÓTESIS ESPECIFICA 1. ....	58
<b>TABLA 13:</b> RESULTADO DE LA CORRELACIÓN ENTRE LA VARIABLE DEPENDIENTE E INDEPENDIENTE. ....	60
<b>TABLA 14:</b> USUARIOS FINALES. ....	62
<b>TABLA 15:</b> ROLES DEL EQUIPO DE DESARROLLO. ....	62
<b>TABLA 16:</b> HISTORIA DE USUARIO N°5 – CAPTURAR IMAGEN. ....	62
<b>TABLA 17:</b> HISTORIA DE USUARIO N°6 - VISUALIZAR RESULTADO. ....	63
<b>TABLA 18:</b> HISTORIA DE USUARIO N°7 - REGISTRO DE USO .....	63
<b>TABLA 19:</b> HISTORIA DE USUARIO N°1 - DISEÑAR APLICACIÓN.....	64
<b>TABLA 20:</b> HISTORIA DE USUARIO N°2 - DESARROLLAR MODELO DE RED NEURONAL CONVOLUCIONAL. ....	64
<b>TABLA 21:</b> HISTORIA DE USUARIO N°4 - INTEGRAR EL MODELO DE RED NEURONAL CONVOLUCIONAL A LA APLICACIÓN MÓVIL.....	65
<b>TABLA 22:</b> HISTORIA DE USUARIO N°3 - DESARROLLO DE SERVIDOR.....	65
<b>TABLA 23:</b> ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE LAS HISTORIAS DE USUARIO. ....	66
<b>TABLA 24:</b> PLAN DE ENTREGABLES DEL SISTEMA POR HISTORIAS DE USUARIO. ....	68
<b>TABLA 25:</b> ITERACIONES POR HISTORIA DE USUARIO. ....	69
<b>TABLA 26:</b> TARJETAS CRC - 1ª ITERACIÓN.....	70
<b>TABLA 27:</b> TARJETAS CRC - 2ª ITERACIÓN.....	71
<b>TABLA 28:</b> TARJETAS CRC - 3ª ITERACIÓN.....	72

<b>TABLA 29:</b> TARJETAS CRC - 4ª ITERACIÓN.....	73
<b>TABLA 30:</b> RESULTADO DE LAS PRUEBAS DEL SISTEMA. ....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> VARIACIÓN EN EL NÚMERO Y ÁNGULO DE RAMIFICACIÓN DE LA YUCA. ..	16
<b>FIGURA 2:</b> YUCA - QUÉ ES, PROPIEDADES, BENEFICIOS, ORIGEN, TIPOS, CARACTERÍSTICAS. ....	17
<b>FIGURA 3:</b> COMPONENTES DEL SISTEMA RADICAL DE LA YUCA. ....	18
<b>FIGURA 4:</b> PROPIEDADES DE LOS POLÍMEROS QUE CONSTITUYEN EL ALMIDÓN. ....	20
<b>FIGURA 5:</b> FOTOSÍNTESIS DE LA YUCA EN RESPUESTA DEL CO <sub>2</sub> DE LA CAVIDAD SUB ESTOMÁTICA, COMPARADA CON OTRAS ESPECIES C <sub>3</sub> Y C <sub>4</sub> . ....	21
<b>FIGURA 6:</b> TIPOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO. ....	27
<b>FIGURA 7:</b> APRENDIZAJE SUPERVISADO. ....	28
<b>FIGURA 8:</b> EL DEEP LEARNING. ....	29
<b>FIGURA 9:</b> MAPPING FROM A LINEAR MODEL WITH ONE INPUT TO. ....	31
<b>FIGURA 10:</b> HIGHLIGHTING EACH SET OF CORRELATED PIXELS ALONG WITH THEIR WEIGHTS AS A MATRIX. ....	32
<b>FIGURA 11:</b> PROCESO DE DISEÑO. ....	35
<b>FIGURA 12:</b> REPRESENTACIÓN DE LOS PROMEDIOS OBTENIDOS DE LAS DIMENSIONES DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE. ....	53
<b>FIGURA 13:</b> REPRESENTACIÓN DE LAS MEDICIONES OBTENIDAS DE LA VARIABLE INTERVINIENTE. ....	55
<b>FIGURA 14:</b> IMÁGENES DE HOJAS SANAS PARA ENTRENAMIENTO. ....	74
<b>FIGURA 15:</b> IMÁGENES DE HOJAS ENFERMAS PARA ENTRENAMIENTO. ....	74
<b>FIGURA 16:</b> IMÁGENES DE HOJAS SANAS PARA VALIDACIÓN. ....	74
<b>FIGURA 17:</b> IMÁGENES DE HOJAS ENFERMAS PARA VALIDACIÓN. ....	75
<b>FIGURA 18:</b> NUEVA IMAGEN GENERADA UBICANDO SOLO LA HOJA. ....	76
<b>FIGURA 19:</b> REDIMENSIONAMIENTO DE IMAGEN. ....	77
<b>FIGURA 20:</b> IMAGEN ALEATORIA DE HOJA DE YUCA. ....	77
<b>FIGURA 21:</b> IMAGEN ALEATORIA DE YUCA DESPUÉS DEL AUMENTO ARTIFICIAL. ....	78
<b>FIGURA 22:</b> CONVERGENCIA DE LOS DIFERENTES OPTIMIZADORES EN CLASIFICADOR CNN MULTICLASE. ....	80
<b>FIGURA 23:</b> FUNCIÓN DE ACTIVACIÓN LINEAL RECTIFICADA, UTILIZADA POR LAS UNIDADES RELU, MUY HABITUALES EN DEEP LEARNING. ....	80

<b>FIGURA 24:</b> MODELO DE RED NEURONAL CONVOLUCIONAL UTILIZADA. ....	81
<b>FIGURA 25:</b> COMPONENTE CAPTURA DE IMAGEN.....	82
<b>FIGURA 26:</b> COMPONENTE - MOSTRAR RESULTADO. ....	83
<b>FIGURA 27:</b> COMPONENTE - REGISTRO DE USO. ....	84
<b>FIGURA 28:</b> CÓDIGO FUENTE CNN.....	86

## **CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

La yuca, es una de las fuentes de energía predominantes en las zonas tropicales alrededor del planeta. Sus virtudes fueron reconocidas de manera casi inmediata por los primeros viajeros europeos que lo propagaron por distintas colonias entre los continentes de África y Asia (Ceballos, 2002).

Los artículos que se adquieren de la yuca, brindan un gran valor económico. Este cultivo tiene notables ventajas tales como: El aguante a las épocas de sequía, la posibilidad de ser cosechados en suelos áridos, la resistencia en cierta medida a las distintas plagas y enfermedades, resistencia a suelos ácidos y también la tolerancia y fácil manejo en la plantación y cosecha (Ceballos, 2002).

La yuca es atacada por diferentes enfermedades fungosas y bacterianas, las cuales, su distribución geográfica e impacto económico varían considerablemente. Las enfermedades responsables de causar manchas foliares, necrosamiento en el tallo y pudriciones drásticas (ÁLVAREZ y LLANO, 2002).

Una investigación que fue patrocinada por el INIA (*Institución Nacional de Innovación Agraria*), a través del PNIA (*Programa Nacional de Innovación Agraria*) arrojaron resultados donde evidenciaron la existencia de 5 virus en diferente porción, teniendo el virus del mosaico común mayor presencia. Los cultivos de Yuca que son infectados, provocan pérdidas financieras a los agricultores que tienen sus chacras

en los departamentos de: Pasco, Junín, Madre de Dios, La Libertad y Amazonas («Investigación del INIA identifica cinco virus que atacan a la yuca. | Gobierno del Perú» 2021).

La asociación civil “Unidos Tres Estrellas” presenta deficiencias tanto en el tiempo en el que les toma identificar si los cultivos están realmente siendo atacados por la enfermedad del mosaico como en la precisión en la que realizan el diagnóstico de esta enfermedad. Haciendo uso de su propio conocimiento empírico, la asociación diagnostica y guarda un seguimiento de las plantas que están infectadas para ponerlas en constante monitoreo.

Implementando una Aplicación Móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, podemos obtener una mayor precisión en la detección de la enfermedad del mosaico en la yuca, esto mediante patrones que presentan sus hojas enfermas. Si este virus no es detectado a tiempo, puede propagarse haciendo que el agricultor pierda grandes cantidades de dinero. En la actualidad los agricultores carecen de la pericia para detectar estos patrones a tiempo en sus cultivos, generando así el requisito de una herramienta que permita ayudar a detectar estas enfermedades.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema principal**

¿De qué manera el Aplicativo Móvil, que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, mejorará el proceso de detección de la enfermedad del mosaico, en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Con qué exactitud el modelo de Red Neuronal Convolutiva entrenado detectará la enfermedad del mosaico en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”?

- ¿De qué manera el Aplicativo Móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, mejorará la eficiencia del diagnóstico de la enfermedad del mosaico en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Implementar un Aplicativo Móvil que utilice una Red Neuronal Convolutiva, para mejorar el proceso de detección de la enfermedad del mosaico, en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar el nivel de exactitud del modelo de Red Neuronal Convolutiva entrenado en la detección de la enfermedad del mosaico en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”.
- Implementar un aplicativo móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva para mejorar la eficiencia del diagnóstico de la enfermedad del mosaico en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”.

### **1.4. Justificación**

#### **1.4.1. Justificación Teórica**

Debido a las dificultades que los agricultores tienen para poder identificar las enfermedades agrícolas, hoy en día es más común la presencia de enfermedades en los cultivos de yuca. En ese sentido, la enfermedad del mosaico se convierte en una gran amenaza, puesto que es una de las enfermedades más respetadas entre las enfermedades que atacan a la yuca, ya que esta enfermedad baja los rendimientos de manera considerable.

La correcta y oportuna identificación de la enfermedad del mosaico puede reducir considerablemente las pérdidas que pueda sufrir el agricultor. En vista de ello, la presente investigación contribuirá a la detección de esta enfermedad a través de un Aplicativo móvil que utiliza un modelo de Red Neuronal Convolutiva, identificando las características que presentan las hojas infectadas.

### 1.4.2. Justificación Práctica

Se realizó esta investigación porque se vió menester mejorar el proceso y la eficiencia en la detección de la enfermedad del mosaico de los cultivos de yuca (*Manihot Esculenta*) en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”, logrando así mejorar las condiciones de trabajo, brindando una mayor precisión y reduciendo así los errores humanos en la detección de la enfermedad del Mosaico en los cultivos. Con la presente tesis se fomentará la integración de nuevas tecnologías no solo en el área agraria, sino que también en todas las que tengan necesidad de automatización.

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis General

La implementación de un Aplicativo Móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, mejora el proceso de detección de la enfermedad del mosaico, en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”.

### 1.5.2. Hipótesis Específicas

- El nivel de exactitud del modelo de Red Neuronal Convolutiva entrenado es adecuado para la detección de la enfermedad del mosaico en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”.
- La implementación de un Aplicativo Móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, mejora la eficacia del diagnóstico de la enfermedad del mosaico en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”.

## 1.6. Variables

### 1.6.1. Variable Dependiente

Detección de la enfermedad del mosaico.

**Dimensión:** Gestión de Incidencias.

**Indicadores:**

- Tiempo promedio en detectar la enfermedad.
- Tiempo promedio en guardar registros de diagnóstico.

- Exactitud del diagnóstico de la enfermedad.

### 1.6.2. Variable Interviniente

Red Neuronal Convolucional.

**Dimensión:** Métricas.

**Indicadores:**

- Función de pérdida (*Loss*).
- Exactitud (*Accuracy*).

### 1.6.3. Variable Independiente

Aplicativo Móvil.

**Dimensión:** Calidad del Software.

**Indicadores:**

- Funcionalidad.
- Usabilidad.
- Eficiencia.
- Portabilidad.

## 1.7. Operacionalización de Variables

Tabla 1: Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMEN- SIONES	INDICADO- RES	ES- CALA
<b>Dependiente:</b>	Proceso mediante el cual se determina si la planta		Tiempo promedio en detectar la enfermedad.  Tiempo promedio en guardar	ordinal (1 - 5)  ordinal (1 - 5)

Detección de la enfermedad del mosaico común.	de la yuca presenta la enfermedad del mosaico	Gestión de incidencias	registros de diagnóstico.  Exactitud del diagnóstico de la enfermedad	Ordinal (1 - 5)
<b>Interviniente:</b>  Red Neuronal Convolutacional.	Tipo de Red Neuronal capaz de detectar características en una imagen	Métricas	Función de Perdida (Loss)  Exactitud (Accuracy)	Continua  Continua
<b>Independiente:</b>  Aplicativo Móvil	Aplicación diseñada para ejecutarse en un dispositivo móvil que puede ser un teléfono móvil o tableta.	Calidad del Software	Funcionalidad  Usabilidad  Eficiencia  Portabilidad	Ordinal (1-5)  Ordinal (1-5)  Ordinal (1-5)  Ordinal (1-5)

Fuente: Elaboración propia.

### 1.8. Consideraciones éticas

El proceso y ejecución del informe de tesis “APLICATIVO MÓVIL PARA LA DETECCIÓN DE LA ENFERMEDAD DEL MOSAICO COMÚN EN LA YUCA (*MANIHOT ESCULENTA*) UTILIZANDO REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES, 2021”, se llevó a cabo debidamente con la autorización de los agricultores que son dueños de las plantaciones de yuca,

y de la asociación civil “Unidos Tres Estrellas” para la extracción de datos tanto antes como después del estudio realizado.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes de estudio**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

**Tema: “Visión por computador para el manejo de plagas y enfermedades en cultivos de papa”. (FUENTES PLAZA, 2021)**

En la presente investigación se hace el uso de aprendizaje profundo con modelos de redes neuronales convolucionales (CNN), teniendo como finalidad el crear clasificadores de elevada precisión entre diferentes tipos de enfermedades en las plantaciones de papa. Para construir estos modelos se hizo uso de la técnica de transferencia de aprendizaje, trabajando en el entrenamiento de las arquitecturas de las redes VGG16 y DenseNet201. Se recolectó un conjunto de datos de dos centros: PlantVillage y Fruit360. Con respecto al centro PlantVillage se consiguió un set de datos con 1216 imágenes en la categoría sana, 1000 imágenes en la categoría tizón temprano y 1000 imágenes en la categoría tizón tardío, mientras que del centro Fruit360 se obtuvo 1000 imágenes para la categoría sana, 1000 para la categoría sarna común y 800 para la categoría tizón tardío.

La presente investigación tiene como resultado de los modelos entrenados sobre los conjuntos de prueba de los dos diferentes centros de datos. Con respecto al modelo VGG16 se obtuvieron un 94.7%, 92.2% y 91.1% de precisión de prueba. Los modelos más robustos que fueron entrenados con la red DensetNet201 consiguieron un 99.1%,

87.2% y un 93.9% de precisión de prueba. Por ello, la presente investigación concluye que los modelos empleados a partir de las redes neuronales convolucionales, que fueron modificados para detectar enfermedades en cultivos de papa, muestran grandes resultados siendo estas superiores a 90% en todas las pruebas experimentales.

**Tema: “Procesamiento digital de imágenes utilizando redes neuronales para identificar la sigatoka negra en el cultivo de plátano”. (GARCÍA ALCALÁ, 2020)**

La tesis tuvo como finalidad, identificar las fases de la Sigatoka Negra en los cultivos de plátano, haciendo uso del procesamiento de imágenes digitales. Se hizo uso de una red neuronal “new feed-forward”, el cual está conformada por una capa Input de nodos fuente y una capa output, integrándolo en una aplicación de escritorio, en cuanto a la toma de imágenes se optó por usar una cámara digital Coolpix p9000 16 Megapíxeles CMOS. El modelo conceptual de la presente investigación está conformado por 3 módulos, los cuales son: Módulo de captura, Módulo de procesamiento y Módulo de despliegue, en cuanto a la metodología de desarrollo el autor optó por la metodología RUP.

En la presente investigación se realizó 3 entrenamientos, el primero con un número de 100 imágenes, clasificándolo en dos categorías, dando como resultado una efectividad del 100%. En el segundo entrenamiento, el autor optó por incrementar la cantidad de imágenes a 200 clasificándolo en 5 categorías, el resultado arrojó que dos de las categorías tuvieron una precisión de 6/10 y 7/0, el resto arrojaron una precisión del 100%. Por último, en el tercer entrenamiento, se optó por ingresar mayor cantidad de imágenes en las categorías que se obtuvo una baja precisión, incrementando a 340 imágenes, dando como resultado una precisión en el diagnóstico del 100%.

**Tema: “Detección de enfermedades y plagas en cultivos mediante Machine Learning”. (PEREYRA, 2020)**

La finalidad de esta tesis es desarrollar una plataforma cloud de Machine Learning que haga posible, con el entrenamiento de un modelo de red, el reconocimiento de plagas haciendo uso de la cámara de un teléfono móvil. La presente tesis se centra en identificar las enfermedades de Oídio y Cladosporium en el tomate, para ellos se utilizó la cantidad de 146 imágenes. El autor optó por usar Jupyter Notebook, TensorFlow, TensorBoard, Google Drive para el almacenamiento del modelo y Android como sistema operativo de la aplicación. El trabajo de investigación concluye que la plataforma puede llegar a ser útil en el trabajo del agricultor, de manera adicional para la clasificación de enfermedades y plagas, con la finalidad que pueda combatir y reducir las consecuencias.

**Tema: “Identificación de Citrus leprosis virus C en Citrus sinensis mediante redes neuronales convolucionales de imágenes digitales”. (CASTRO SANDOVAL, 2019)**

Esta tesis busca implementar un algoritmo que pueda reconocer la leprosis de cítricos CiLV-C, haciendo uso de imágenes tomadas a hojas de naranja dulce, también, montar una base de datos que se compuso de 2000 imágenes, dividiéndolas en 1000 imágenes de entrenamiento y 1000 imágenes de testeo, para ello se emplearon imágenes de fondo blanco. Para medir el desempeño del sistema se utilizaron las siguientes medidas de precisión: sensibilidad, especificidad y precisión. El trabajo de investigación concluye que la exactitud lograda es de 98%, comprobando así, la eficiencia del sistema en la detección de CiLV-C. El investigador plantea actualizar la base de datos en un futuro, con imágenes recolectadas en cultivos reales.

**Tema: “Clasificación automática de la severidad del Virus del Mosaico Dorado en frijol”. (Ardón Muñoz y Morales Calderón, 2021)**

En el presente artículo se hace un análisis comparativo con arquitecturas de redes neuronales, que son: InceptionV3 Y ResNet50, teniendo como objetivo principal señalar que arquitectura es mejor en la tarea de detectar el Virus del Mosaico Dorado en el frijol. Se recolectaron un total de 3409 fotografías de hojas del frijol con virus del Mosaico Dorado para ser entrenados. Se estructuraron las muestras de dos formas: tres categorías (alto, medio, bajo) y dos categorías (alto y bajo), para la cual se distribuyeron para cada forma de agrupación el conjunto de entrenamiento (60%), validación (20%) y pruebas (20%). El presente trabajo tuvo como resultado en los datos distribuidos en tres grupos (alto, medio y bajo) produjeron exactitudes muy bajas, siendo la más alta la red ResNet50 con una exactitud del 83.4%, mientras que para los resultados obtenidos sobre los datos distribuidos en dos grupos (alto y bajo) fueron mejores, en caso de InceptionV3 alcanzó 94.47% de exactitud y ResNet50 el 96.68%.

El presente artículo concluye que el mejor resultado fue ResNet50 con una exactitud del 96.68% siendo lo suficientemente alta como para utilizarse en aplicaciones, además se afirma que las redes neuronales tienen altas exactitudes para determinar la existencia de una enfermedad, pero bajas para clasificar su severidad, finalmente el presente artículo recomienda explorar la utilización de métodos alternativos como agrupación, regresión, segmentación y árboles de decisión para mejorar los resultados en la clasificación de severidad.

**Tema: “Aplicación móvil de detección y clasificación de “la Roya” en hojas de café robusta mediante aprendizaje automático”. (Cusme Zambrano y Loor Pinargote, 2019)**

Esta tesis tiene propone la construcción de un aplicativo móvil que utiliza aprendizaje automático para poder detectar y clasificar “la roya”, en las

plantaciones de café, con ello, buscan automatizar este proceso. Para la construcción del aplicativo, se optó por utilizar la metodología XP. En el presente trabajo se hizo uso de una red neuronal convolucional, aplicando la arquitectura inceptionV3, que es una arquitectura pre-entrenada, además se utilizó Python como lenguaje de programación junto con la biblioteca de código TensorFlow.

Para llevar a cabo el entrenamiento, se utilizó 565 imágenes que fueron capturadas en las plantaciones de café robustas, distribuyéndolas de la siguiente manera: (70% entrenamiento y 30% pruebas), las imágenes extraídas fueron redimensionadas en 255 x 255, y todas con extensión JPG. La presente tiene como resultado una efectividad del 97% en la tarea de detectar y clasificar “la roya” en las hojas de café robusta, para la cual en la validación de resultados consiguió 90 aciertos en predecir hojas sanas de 94 y 86 aciertos en hojas con roya de un total de 88 imágenes.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

**Tema: “Aplicación de algoritmos inteligentes para reconocimiento automático de enfermedades foliares de cultivo de palta”. (Castro Álvarez, 2015)**

Esta investigación tiene como objetivo determinar el algoritmo más robusto en la tarea de reconocer la enfermedad foliar de la palta. Esta tesis está constituida por 5 capítulos, el primero contiene los datos generales de la investigación; el segundo contiene la definición del proyecto y los objetivos de la tesis; el tercero presenta los conceptos básicos y elementos de los algoritmos de Naive Bayes, Random Forest, Redes Neuronales y las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM); el cuarto capítulo contiene el marco metodológico, la presente tesis es de tipo aplicativo y diseño experimental, con una población conformada por la totalidad de los cultivos de palta en la región Moquegua, y una muestra

de 384 frutos de palta; En el quinto capítulo se dan a conocer los resultados mediante la matriz de confusión, con respecto a la exactitud (Accuracy) se muestra lo siguiente: Máquina de Soporte Vectorial con 96 %, Redes neuronales 95 %, Random Forest 93 % y Naive Bayes 89 %. Y finalmente, la tesis concluye que el algoritmo inteligente “Máquina de Soporte Vectorial” es el más eficaz en la clasificación de imágenes de hojas de la palta con enfermedades foliares.

**Tema: “Sistema de control de calidad utilizando redes neuronales para la clasificación del estado de la granadilla”. (CUYA MARZAL y RAMOS LUGO, 2020)**

La presente investigación tiene como finalidad la automatización del desarrollo de control de calidad, consiguiendo así, disminuir el 5% de frutas que no cumplan lo esperado por la empresa y también disminuir el periodo de control en 10%. Esta tesis está constituida por 5 capítulos. El capítulo 1 contiene una breve introducción, el capítulo 2 y 3 abarcan los conceptos y fundamentos teóricos y fundamentos de la tesis presente, el capítulo 4 contiene toda la información de la investigación y por último en el capítulo 5 se abarca la etapa del desarrollo y ejecución. Esta investigación propone el uso de una banda transportadora apoyada con una cámara web interconectada capaz de tomar fotos y enviarlas vía inalámbrica a una computadora. Se hizo uso de un dataset con 600 a 1000 fotografías de frutas.

Por último, la presente tesis concluye el sistema ha clasificado de manera satisfactoria 194 granadillas, logrando así un 100% de granadillas acertadas válidas. Mientras que solo logro 241 de 249 en la clasificación de granadillas acertadas inválidas, logrando así un 96.79% de exactitud. Obteniendo que el modelo tiene un 97.97% de precisión.

**Tema: “Algoritmo integrado con Inteligencia Artificial apoyado en mano robótica para el reconocimiento de la madurez del tomate”. (Ramos Diaz, 2020)**

La investigación tiene como finalidad: Ver si el algoritmo utilizado en la mano robótica es eficaz al momento de reconocer la madurez del tomate, evaluando 4 aspectos independientes como: Temperatura, color, humedad y luminosidad. Esta investigación es Aplicada, una población conformada y una muestra con dos conjuntos de fruto de tomate, el conjunto uno conformado por 12 tomates y el segundo representado por 11 tomates, los cuales fueron sometidos por ciertos criterios de evaluación.

La presente investigación concluye que el algoritmo integrado tiene una efectividad del 93.75 % y con un error de 6.25 %. Además, se determinó el impacto en el reconocimiento, los cuales son: Humedad 0.11 %, temperatura 5.7273 %, iluminación 43.5411 % y por último el color con un resultado del 50.6208 %.

**Tema: “Sistema de visión artificial basado en redes neuronales convolucionales para la selección de arándanos según estándares de exportación”. (Narciso Horna y Manzano Ramos, 2021)**

En este artículo se busca la construcción de una tecnología con visión artificial para que pueda seleccionar de manera óptima los arándanos. En este proyecto, se construye un dataset de 820 imágenes, estas se dividieron en 500 para los cinco malestares: desgarrado, rojo, corola, pedicelo, y picado de pájaro, por consiguiente, se realizó el preprocesamiento de las imágenes para obtener una resolución menor a 1280 x 720px y peso a menor o igual a 150kb. En la siguiente etapa se realizó la preparación de los datos de entrada, en la cual se realizó el etiquetado para todas las imágenes. En el presente trabajo se implementó la arquitectura pre-entrenada llamada Faster RCNN, esta

tiene 204 neuronas, 13 capas convolucionales, 13 capas rectificadas y por último cuatro capas de agrupación.

Por último, el presente artículo concluye una vez realizado el test grupal, que para la detección de la corola se obtuvo una efectividad del 39.8%, para la detección de rojo se obtuvo una efectividad del 36%, para la detección de desgarrado se obtuvo una efectividad de 40.5%, para la detección de picado de pájaro una efectividad de 24% y por último para la detección de pedicelo una efectividad de 26%. Además, el artículo afirma que los resultados obtenidos, mejoraran de manera proporcional al tamaño del dataset.

### **2.1.3 Antecedentes Regionales**

**Tema: “Madre de Dios: MINAGRI articuló acciones para controlar plagas en cultivos de Yuca”. (SENASA, 2020)**

Informa que toma acciones contra la plaga *Erinnyis Elio* (gusano cachón) en las chacras donde se cultiva yuca en la comunidad nativa: Infierno. En dicho artículo informa que tiene como objetivo disminuir el alcance de la plaga en 7 hectáreas ya enfermas, para ello los expertos realizaron capacitaciones a los dueños de las chacras y al personal de protección. Se destacó cuán importante es el evitar el uso excesivo de plaguicidas para el control, ya que estos provocan inestabilidad en el agro sistema. Por último, el artículo concluye que la acción oportuna es importante para evitar el deterioro de las plantaciones.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Detección de la enfermedad del mosaico en la yuca (Variable Dependiente)**

#### **Yuca**

La yuca, o mejor conocido por su nombre científico *Manihot Esculenta Crantz*, es una planta que se adapta muy bien, puede llegar a crecer desde suelos que se encuentran al nivel del mar hasta suelos con 1500

msnm, esto es posible, ya que esta planta es resistente a las sequías y esto hace que pueda crecer en zonas muy áridas (Karl, 1970).

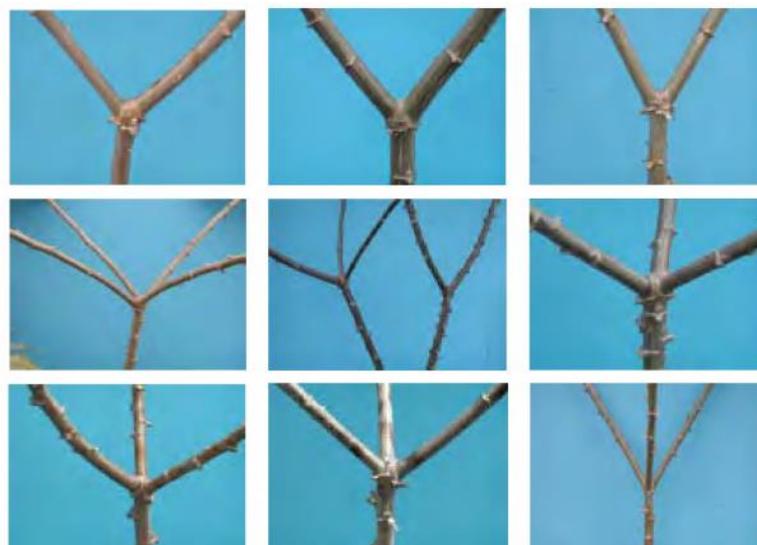
Las plantaciones de yuca son consideradas una de las actividades tropicales con mayor consumo a nivel mundial. En Perú, conforme el Ministerio de Agricultura y Riego, la yuca es el séptimo cultivo más sembrado, estando por arriba del camote. El área de siembra de la yuca en el Perú es de aproximadamente 123 197 ha (Morales et al., 2018).

### **Morfología**

“La yuca es una planta duradera. Tiene en sus ramas una bifurcación subsecuente, esto varía dependiendo de cuan alta sea la planta, normalmente miden de 1 a 5 metros, pero en la mayoría de los casos, la planta no llega a crecer más de 3 metros” (Ceballos y de la Cruz, 2002).

### **El tallo**

Los tallos de la planta de la yuca están compuestos por una sucesión de nudos y entrenudos. El tallo en estado de madurez tiene una forma cilíndrica, y su grosor varía entre 2 a 6 cm. Hay 3 colores básicos observables en un tallo maduro, estos son morados, amarillo y gris-plateado. El grosor y el color del tallo varían de manera drástica conforme la planta llegue a una edad avanzada, y por supuesto, conforme a la variedad (Ceballos y de la Cruz, 2002).



**Figura 1:** Variación en el número y ángulo de ramificación de la yuca.

**Fuente:** (Ceballos y de la Cruz, 2002).

## Las hojas

“Todas las hojas tienen una lámina foliar y el peciolo, estas son, dicha por muchos autores, simples. La lámina foliar es palmeada y profundamente lobulada” (Ceballos y de la Cruz, 2002).

Las dimensiones de las hojas en la yuca es una propiedad representativa de cada plantación, pero claro, esto obedece también a los estados ambientales en los que se encuentren los cultivos. Las hojas más jóvenes, de entre 3 a 4 meses de vida, tienen mayor volumen que las hojas que son elaboradas después del mes número 4. La coloración de las hojas, al igual que el tallo, varía con el tiempo de vida y la madurez de la planta. Estas pueden variar entre verde oscuro, verde claro o púrpura (Ceballos y de la Cruz, 2002).

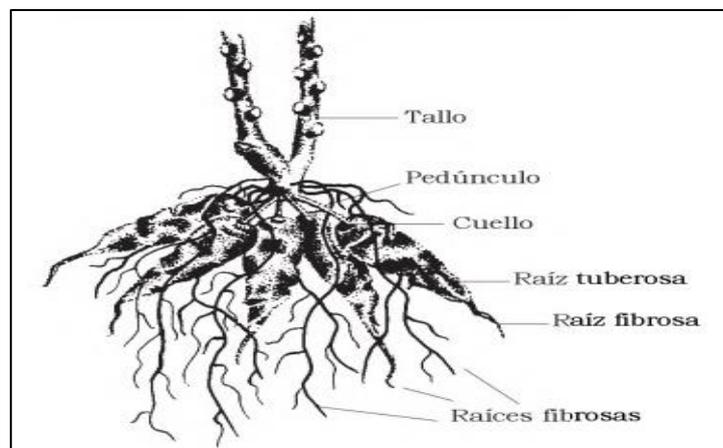


**Figura 2:** Yuca - Qué es, Propiedades, Beneficios, Origen, Tipos, Características.

**Fuente:** (F. LEYVA, 2019).

## La raíz

Una de las propiedades principales de las raíces de la planta de la yuca, es que esta tiene una capacidad muy grande de almacenar almidones. El sistema radical de la yuca tiene muy pocas raíces, pero la penetración de estas se extiende de manera profunda, esto en particular hace que la planta sea tan resistente a las sequías. Las raíces fibrosas que posee la yuca pueden llegar a medir 2.5 metros de profundidad (Ceballos y de la Cruz, 2002).



**Figura 3:** Componentes del Sistema radical de la yuca.

**Fuente:** (Ceballos y de la Cruz, 2002).

## Beneficios

### Energía

La yuca es esencial para las personas que realizan actividades del día a día demasiado extenuantes y que demandan demasiado esfuerzo físico, esto es debido a que por cada 100 gramos de yuca que no esté cocinada tiene 38 gramos de carbohidratos y aproximadamente 160 calorías (F. LEYVA, 2019).

### Salud de los huesos y dientes

Esto se debe a que la yuca contiene calcio y vitamina k. El calcio es el mineral que ayuda a los huesos y a los dientes a mantenerse saludables,

por otra parte, la vitamina k, ayuda a potenciar la edificación de la masa ósea al impulsar su actividad osteotrófica (F. LEYVA, 2019).

### **Colesterol en la sangre**

La yuca tiene gran impacto en la disminución del colesterol en el ser humano, esto lo demostró un estudio que se llevó a cabo en Filipinas, en este estudio se observó el efecto que tiene la yuca en la reducción del colesterol, esto gracias a que disminuye los niveles de triglicéridos debido a su fibra dietética, y a que contiene una buena cantidad de saponinas y fitoquímicos (F. LEYVA, 2019).

### **Presión arterial**

La yuca contiene aproximadamente 271 mg de potasio por 100 g lo que hace que sea un excelente alimento para regular la repetición cardiaca, así como la presión arterial. Esto sucede porque el potasio es un elemento clave de los fluidos corporales y celulares (F. LEYVA, 2019).

### **Almidón de Yuca y sus Propiedades**

Uno de los constituyentes más distinguibles de la yuca y de los tubérculos en general, es el almidón. El almidón es aprovechado mayormente como coadyuvante de emulsificantes. Es también un surtidor de carbohidratos que son fermentados y pueden servir como agente texturizante (Arévalo, 2011).

“El almidón tiene rasgos fisicoquímicos, entre las cuales podemos encontrar: características del grano, naturaleza cristalina, solubilidad, poder de hinchamiento, Composición proximal, características de la pasta que produce y peso molecular” (Ceballos y de la Cruz, 2002).

Propiedad	Amilosa	Amilopectina
Peso molecular	$1-2 \times 10^5$	$>2 \times 10^7$
Grado de polimerización	990	7200
Ligamientos glicosídicos	$\alpha$ -D (1 $\rightarrow$ 4)	$\alpha$ -D (1 $\rightarrow$ 6)
Estructura molecular	Básicamente lineal	Muy ramificada
Susceptible a la retrogradación	Alta	Baja
Afinidad con el yodo	20.1 g/100 g	1.1 g/100 g

**Figura 4:** Propiedades de los polímeros que constituyen el almidón.

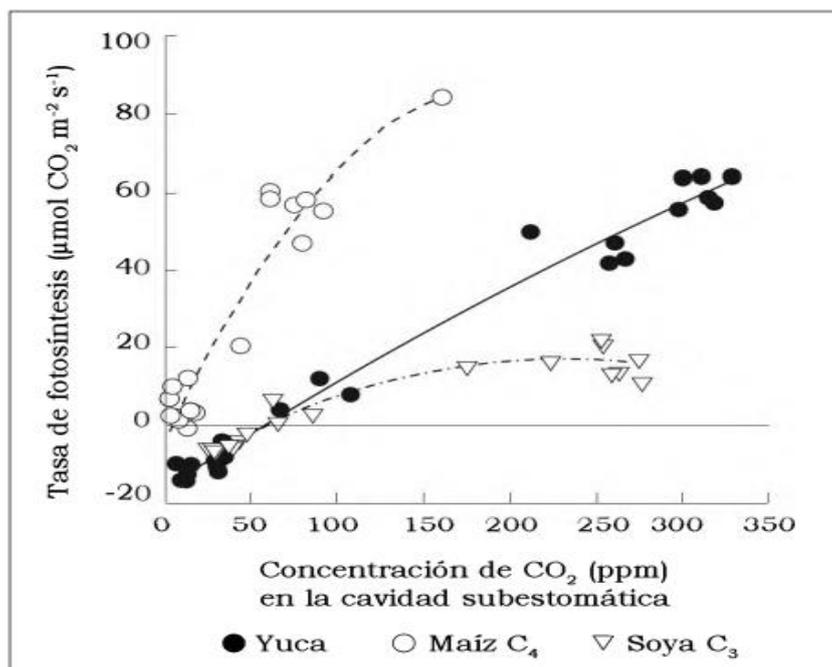
**Fuente:** (Ceballos y de la Cruz, 2002).

## Fisiología

### Fotosíntesis

La planta de la yuca, adapta su eficiencia fotosintética a distintos factores, como, por ejemplo: a la magnitud límite de luz, al principio y cierre de estomas, al estado fisiológico, a la temperatura y a factores genéticos. La asimilación pura de CO<sub>2</sub> de la fotosíntesis es igual a la tasa de fijación de CO<sub>2</sub> menos pérdida de CO<sub>2</sub> por fotorrespiración.

Las especies que poseen elevadas tasas de fotosíntesis, son las que pertenecen a la categoría  $C_4$ , en cambio, las que pertenecen a la categoría  $C_3$  tienen tasas de fotosíntesis más pequeñas. Las hojas de la yuca, por otro lado, tiene una tasa de fotosíntesis parcialmente elevada, además que poseen variaciones en su capacidad fotosintética (MEJÍA DE TAFUR, 2002).



**Figura 5:** Fotosíntesis de la yuca en respuesta del  $CO_2$  de la cavidad sub estomática, comparada con otras especies  $C_3$  y  $C_4$ .

Fuente: (MEJÍA DE TAFUR, 2002).

### Índice de Área Foliar (IAF)

El IAF (Índice de Área Foliar) de la planta, junto con la distribución de biomasa total en la cosecha final, determina el progreso y desarrollo de la planta. En la planta de la yuca, el IAF, se encuentra entre 4 y 8, esto depende más que todo de las condiciones atmosféricas, y del cultivo (MEJÍA DE TAFUR, 2002).

En los periodos de sequía, la planta de la yuca atraviesa una disminución en su área foliar, esto se puede interpretar a que la planta está disminuyendo la pérdida de agua por transpiración (MEJÍA DE TAFUR, 2002).

## **Aptitud Hidrológica de las Hojas**

“Se entiende también como la energía de conjunto de agua, es relativo al agua de potencial cero que es el agua pura” (MEJÍA DE TAFUR, 2002).

La yuca mantiene su potencial hídrico debido al cierre de las estomas, esto conlleva a una disminución de la conductancia estomática, lo que permite que la planta pierda agua. El estrés hídrico tiene un rol fundamental en cuanto al potencial hídrico de la yuca, debido a que, si las hojas de la yuca sufren de estrés hídrico, afecta y varía el potencial hídrico de la planta (MEJÍA DE TAFUR, 2002).

## **Cultivo**

### **Fase Inicial (El campo)**

Para empezar con el cultivo de yuca es aconsejable ocupar terrenos que son relativamente nuevos, es decir, que no se haya sembrado yuca en 3 años seguidos, ya que, en estos suelos, existe probablemente un aumento de patógenos y un descenso de las micorrizas, que son microorganismos benéficos (LOPEZ, 2002).

Es recomendable plantar las semillas en un suelo bueno con fertilidad natural. Si en caso no se cuenta con un suelo con fertilidad natural, es preferible hacer una fertilización completa. Es importante la fertilidad del suelo, ya que influye radicalmente en la calidad y cantidad de la semilla trabajada (LOPEZ, 2002).

En circunstancias corrientes, para que el cultivo se pueda mantener exento de malezas en toda su etapa vegetativa, es recomendable el empleo de un herbicida pre emergente, esto, más una o dos desyerbas manuales, solucionarían el problema. El número de las jornadas aplicadas en las desyerbas manuales, dependen de las clases de malezas que existen en el suelo trabajado (LOPEZ, 2002).

## **Cosecha y pre cosecha**

En teoría, para conseguir una nueva planta, solo se necesitaría un pedazo de tallo, con la altura suficiente para que pueda contener un nudo. Pero para que esta estaca (que es corta), pueda germinar, es prácticamente imposible. Esto sucede porque la nueva planta va a evitar a toda costa la deshidratación, y para que lo logre se necesitaría mantener una buena humedad en el suelo de manera constante en las primeras semanas desde la culminación de la siembra (LÓPEZ, 2002).

Para que se obtenga una buena producción de las raíces, de estacas, semillas frescas al momento de una próxima siembra, es necesario que las parcelas de las semillas se mantengan 12 meses en espera para su cosecha. Si, por el contrario, se toma la decisión de efectuar la cosecha antes de 12 meses, la obtención de estacas podría disminuir drásticamente (LÓPEZ, 2002).

## **Malezas**

Para el control de malezas de los cultivos de la yuca, como en cultivos distintos, existen varios métodos para eliminar a las plantas que intentan invadir nuestros cultivos, entre ellos tenemos, el Control Cultural: que son agrupaciones de prácticas que hace que el cultivo de la yuca sea más competitivo al momento de defender su territorio, para ello es necesario utilizar “semillas” o estacas de muy buena calidad, y un constante monitoreo de los cultivos. El Control Manual: Que es necesario desyerbar el cultivo manualmente con los implementos necesarios, este método se utiliza frecuentemente en plantaciones pequeñas, y cuando hay disponible mano de obra para realizar la tarea. El control mecánico: Que es una mezcla del control manual y el control químico, para este método se utilizan artefactos tales como cultivadoras, rotativas, o ganchos. El Control Químico: Por último, el control químico consiste en la utilización de herbicidas que se encargan de evitar que crezcan malezas en los cultivos (CALLE, 2002).

## **Enfermedades en las hojas**

### **Manchas foliares incitadas por *Cercosporidium* spp**

Este tipo de hongo de la especie *Cercosporidium*, aparecen más que todo en las épocas lluviosas, en determinadas áreas geográficas. Los hongos que pertenecen a las especies *Cercosporidium henningsii* Allescher y *Phaeoramularia manihotis*, son los más significativos debido a que es más severo en comparación de otros hongos (ÁLVAREZ y LLANO, 2002).

### **Mancha parda de las hojas**

Esta enfermedad se ha detectado en las regiones de América del norte, Asia, América Latina y África lo que la convierte en la enfermedad más relevante entre todas las enfermedades foliares, esta enfermedad tiene un rango más amplio de hospederos, puesto que embiste naturalmente a la yuca (ÁLVAREZ y LLANO, 2002).

Los síntomas más evidentes que aparecen en la planta de la yuca son las manchas foliares en sus hojas, estas aparecen por ambos lados, en el haz se distinguen manchas marrones, y en el revés aparecen manchas color gris-oliváceo, estas manchas tienen entre 3 a 12 mm de diámetro y toman un aspecto angular e irregular (ÁLVAREZ y LLANO, 2002).

### **Mancha blanca de la hoja**

También llamado por su nombre científico "*Phaeoramularia manihotis*", esta enfermedad ataca solamente a la planta de la yuca. Esta enfermedad provoca una considerable defoliación en la planta, se encuentra más que todo en zonas húmedas de América Latina, Asia y América del Norte. Las manchas que provocan esta enfermedad, son muy similares a las manchas provocadas por la enfermedad de la mancha parda, con la diferencia de que la mancha parda aparece en zonas yuqueras cálidas, y, por el contrario, la mancha blanca aparece en zonas húmedas y frías (ÁLVAREZ y LLANO, 2002).

### **Añublo bacteria**

Conocido también por su nombre científico "*Xanthomonas manihotis*", se considera una enfermedad que ataca severamente a la producción de yuca, esta enfermedad puede generar pérdidas de hasta 100% en épocas lluviosas. Los síntomas que presentan las hojas infectadas por esta enfermedad son manchas y añubos foliares, estos síntomas normalmente aparecen de entre 11 a 13 días después de la infección (Ceballos y Domínguez, 1977).

### **Insectos y ácaros**

#### **Gusano cachón**

Esta es una plaga de la familia *Sphingidae*, es también llamada por su nombre científico *Erinnyis ello*. Vive en los países de Argentina, Paraguay y Brasil, extendiéndose hasta el sureste de Estados Unidos y la cuenca del Caribe. La causa de esta gran extensión que tuvo y tiene esta plaga se debe probablemente a su capacidad migratoria y a su adaptación climática. Estos gusanos son capaces de defoliar por completo la planta de la yuca, no importándole la edad de la planta, puesto que se alimentan principalmente de sus hojas (ARIAS V. et al., 2002).

#### **Termitas y comejenes**

Esta plaga hace que las plantas entren en un estado de pudrición, esto se debe a que estas dañan las raíces. Las especies de termitas y comejenes más comunes en Latinoamérica, en el país de Colombia son *Heterotermes tenuis* y *Coptotermes niger*, estos se nutren de las raíces o en muchos casos de las plantas en estado de desarrollo, produciendo así condiciones de secamiento en la planta, o hasta causándoles la muerte (ARIAS V. et al., 2002).

## **Enfermedad del Mosaico en la Yuca**

El mosaico es una enfermedad que tiene la peculiar característica de presentarse como manchas en las hojas de las plantas a las que infecta, estas manchas pueden ser de color verde claro o amarillo.

## **Enfermedad del mosaico africano**

Sus síntomas, al igual que otras variantes del mosaico, son similares en muchos aspectos. Las plantas más jóvenes presentan áreas cloróticas de color verde normal, también se hace evidente la deformación foliar y el tamaño de las hojas decrecen. Esta enfermedad es muy destructiva, ya que toda estaca infectada genera también plantas enfermas (Ceballos y Domínguez, 1977).

## **Enfermedad del Mosaico Común**

Esta enfermedad ha sido encontrada en las regiones de Brasil y Colombia y se ha ido extendiendo por países vecinos, llegando a afectar los cultivos en Perú. La característica primordial del mosaico, es la clorosis de la lámina foliar, y los demás síntomas son muy similares al de la enfermedad del mosaico africano, sin embargo, todos estos síntomas pueden llegar con ataques de *trips* en cultivares susceptibles.

### **2.2.2. Red Neuronal Convolutacional (Variable interviniente)**

#### **Inteligencia Artificial**

“La Inteligencia Artificial es el estudio que busca lograr que las computadoras hagan actividades, que, por el momento, las personas hacen mejor” (Berzal, 2018).

## Aprendizaje Automático

Que también es llamado: *Machine Learning*, es una de las ramas de la inteligencia artificial, que consiste en hacer que los ordenadores o las máquinas puedan tener la capacidad del aprender sin necesidad de ser programados, El uso más común en donde encontramos este aprendizaje es en las sugerencias o predicciones de una situación dada de la vida real (Rouhiainen, 2018).

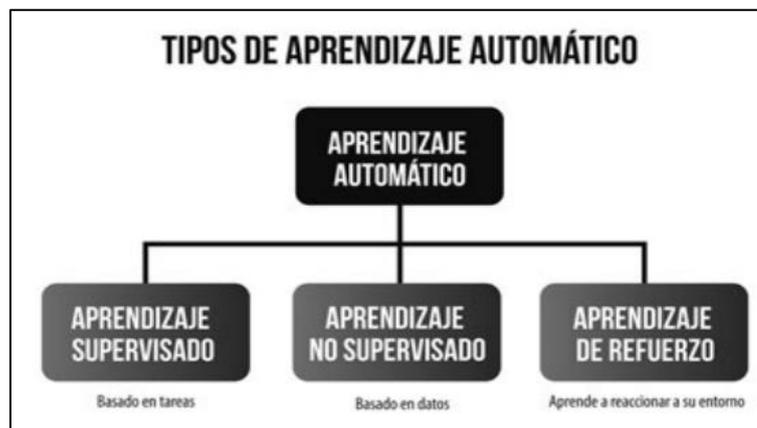


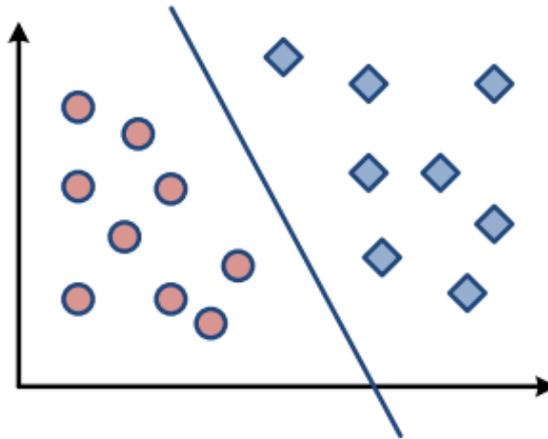
Figura 6:Tipos de aprendizaje automático.

Fuente: (Rouhiainen, 2018).

## Aprendizaje Supervisado

Este tipo de aprendizaje está comúnmente asociado a problema de clasificación, estos son los problemas que son más populares en la Inteligencia Artificial. Lo que hace el aprendizaje supervisado es crear un modelo a partir de datos de entrenamiento. Estos datos son ingresados por una persona (Berzal, 2018).

Lo que se logra con el aprendizaje supervisado es que se obtenga una descripción detallada de todos los atributos que están incluidos en el set de datos de entrenamiento, y el modelo resultante del entrenamiento podría ser usado para clasificar nuevos ejemplos (Berzal, 2018).



**Figura 7:** Aprendizaje supervisado.

**Fuente:** (Berzal, 2018).

### Métricas de evaluación

**Precisión:** La precisión es la métrica más utilizada, nos indica el rendimiento del modelo, la precisión se puede denotar con la siguiente fórmula.

$$\text{precision} = \text{accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

ó

$$\text{precision} = \text{accuracy} = 1 - \text{error}$$

donde:

**TP** = Verdaderos positivos

**TN** = Negativos positivos

**FP** = Falsos negativos

**FN** = Falsos negativos

**Tasa de error:** Podríamos definir la tasa de error como la pérdida esperada de nuestro modelo. Es posible hacer un conteo de los fallos del clasificador a través de una sencilla tasa de error.

$$\text{error} = \frac{FP + FN}{n} = \frac{\text{errores}}{n}$$

donde:

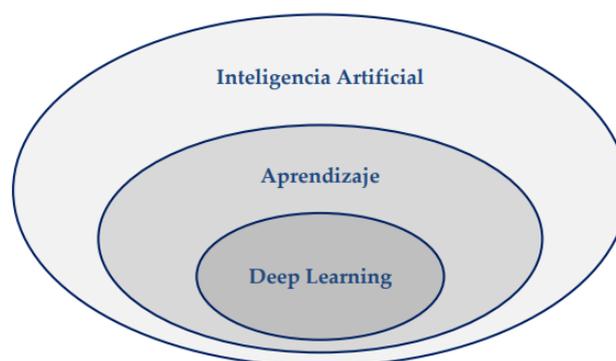
**FP** = Falsos positivos

**FN** = Falsos negativos

**n** = Números de ejemplos.

### Aprendizaje profundo

Las redes neuronales, que están bajo el término paraguas del Aprendizaje profundo o *Deep Learning* en inglés, proporciona mecanismos los cuales hacen posible que una máquina u ordenador aprenda. Las técnicas utilizadas en el Aprendizaje profundo en realidad son un conjunto dentro de otro subconjunto, pueden encontrar características a partir de datos de entrada y también crear características a partir de otras características. (Berzal, 2018)



**Figura 8:** El Deep Learning.

**Fuente:** (Berzal, 2018).

### Visión Artificial

Se denomina visión artificial a la rama de la Inteligencia Artificial, que programa un computador de tal manera que pueda extraer y entender

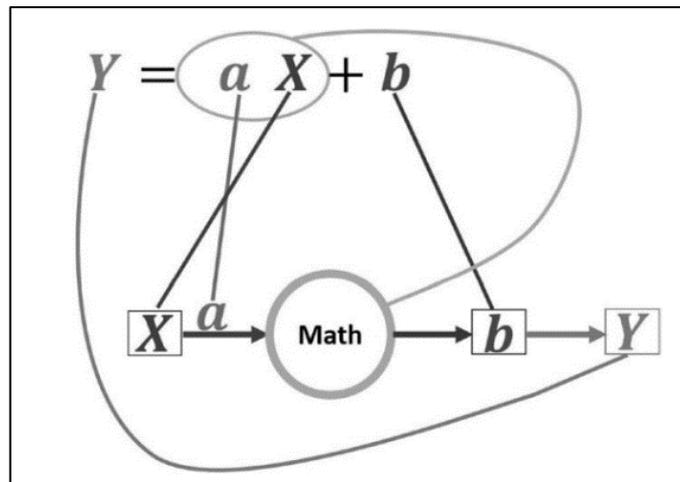
las características de una imagen. La visión artificial se está aplicando en muchos campos de estudio tales como: la industria, entretenimiento, Lectura de Códigos, medicina, biometría, robótica, inteligencia artificial, psicología, biología, seguridad, tráfico vehicular, teledetección y astronomía. A pesar del extraordinario avance de la tecnología en los últimos años, la visión artificial aún está muy lejos de superar a la visión humana. Sin embargo, para algunos procesos de producción, la visión artificial realiza las tareas con mayor efectividad que el ojo humano (Benavides, 2017).

### **Redes Bayesianas**

Este tipo de redes evitan la necesidad de crear un modelo probabilístico a través de un número exponencial de parámetros, esto lo logra, ya que permite especificar las variables independientes y las dependientes. Las Redes Bayesianas son modelos probabilísticos y estas a su vez universalizan el método de Naive Bayes (Berzal, 2018).

### **Redes Neuronales Artificiales**

Una Red Neuronal Artificial puede emular una operación de cualquier función, ya sea lineal o no lineal. Este es un modelo paramétrico que tiene un conjunto de parámetros que se ajustan en el proceso de aprendizaje, estos parámetros son los pesos y el sesgo (o bias en inglés). Una Red Neuronal Artificial consiste en un grupo de modelos lineales, que, al juntarse, son capaces de resolver problemas complejos, así, podemos concluir que una Red Neuronal Artificial es en realidad un modelo Lineal (Gad, 2018).



**Figura 9:** Mapping from a linear model with one input to ANN graph.

**Fuente:** (Gad, 2018).

## Redes Neuronales Convolucionales

“Los modelos convolucionales son, redes multicapa que, en lugar de hacer una multiplicación matricial exhaustiva por pesos, reemplazan algunas capas, por otras que realizan convoluciones ” (Berzal, 2018).

Si definimos matemáticamente la convolución, podemos decir que es un procedimiento matemático donde se aplica a dos funciones para después obtener una tercera, esta función resultante es denotada como una interpretación alterada o “filtrada”. La representación de convolución entre dos funciones se denota por un asterisco (\*) o por una estrella (★) y esto a su vez se detalla como la integral de la multiplicación de dos funciones una vez que alguna se desplace (Berzal, 2018).

$$(f * g)(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau)d\tau = \int_{-\infty}^{\infty} f(t - \tau)g(\tau)d\tau$$

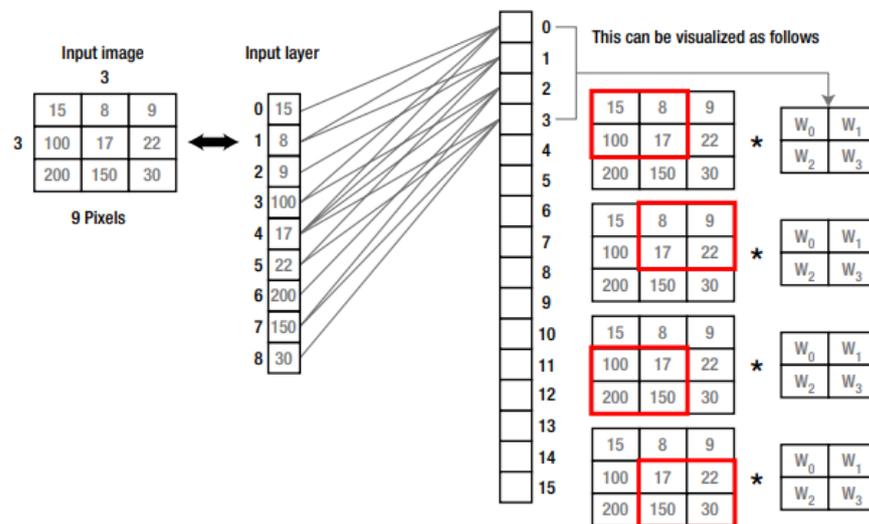
La ecuación varía y se convierte en una sumatoria, cuando hacemos uso de señales discretas en procesos digitales de señales.

$$(f * g)[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[m]g[n - m] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} f[n - m]g[m]$$

## El filtro

Un filtro es una matriz la cual utilizaremos para encontrar ejes en nuestra imagen, esta matriz en la mayoría de las veces es de lados impares, esto quiere decir que son de  $1 \times 1$ ,  $3 \times 3$ ,  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ , y así sucesivamente, usamos esta matriz para iterar a lo largo de toda la imagen.

Muy comúnmente, de los dos operandos de una convolución, uno es la señal que queremos tratar y el otro es el filtro que le estamos aplicando. Cuando usamos un filtro finito que está definido en el dominio  $\{0, 1, \dots, k - 1\}$  el procedimiento de convolución se interpreta en: por cada valor de señal, vamos a efectuar  $k$  multiplicaciones y  $k - 1$  sumas (Berzal, 2018).



**Figura 10:** Highlighting each set of correlated pixels along with their weights as a matrix.

**Fuente:** (Gad, 2018).

## Tensorflow

“Tensorflow simboliza los tensores, al igual que matrices de  $n$ -dimensionales de datos de tipo base”. (Singh y Manure, 2020)

## Tensor

Un tensor puede ser representado también como una entidad matemática, la cual tiene distintas propiedades, igual a un escalar, un vector o una matriz. Podemos decir entonces, que los tensores son matrices multidimensionales que tienen distintas propiedades, y que un

vector es un tensor unidimensional y que los tensores bidimensionales son matrices (Singh y Manure, 2020).

### **2.2.3. Aplicativo móvil (Variable Independiente)**

#### **Aplicativo móvil**

“Siguiendo una simple analogía, un aplicativo móvil son como los programas para las computadoras. Una aplicación es un software diseñado para que se ejecute en un celular.” (CUELLO y VITTONI, 2013)

Una aplicación es una solución informática tecnológica que tiene el objetivo de resolver un problema o puede servir como medio de distracción y entretenimiento. (MARCILLO JARAMILLO, 2017)

#### **Apps nativas**

“Este tipo de aplicaciones están pensadas para un sistema operativo en específico, utilizando así, un lenguaje de programación definido y específico.” (App & Web, 2019)

Estas permiten poder obtener el máximo rendimiento del dispositivo móvil, accediendo a todas las funciones del hardware. No es necesario que requiera servicio de internet para su funcionamiento, ya que estas se ejecutan en el dispositivo y no en la nube (servidor).

#### **Aplicaciones web**

Las aplicaciones web son aquellas que están programadas por lenguajes específicos para la web, así como JavaScript, css o html.(App & Web, 2019)

La ventaja de las aplicaciones web es que estas no necesitan instalarse, ya que se pueden acceder a ellas tan solo ingresando la dirección url perteneciente al dominio de dicha aplicación. (CUELLO y VITTONI, 2013)

### **Aplicaciones híbridas**

Este tipo de aplicaciones se construyen de manera casi similar a una aplicación web, estas hacen uso (aunque limitadas) de algunas funcionalidades del dispositivo móvil, dando la ilusión de estar utilizando una aplicación nativa. (Pérez, 2017)

Estas aplicaciones son una buena opción frente al costo de su desarrollo, sin embargo, tienen limitaciones en cuanto al rendimiento y funcionalidades.

### **Sistemas operativos**

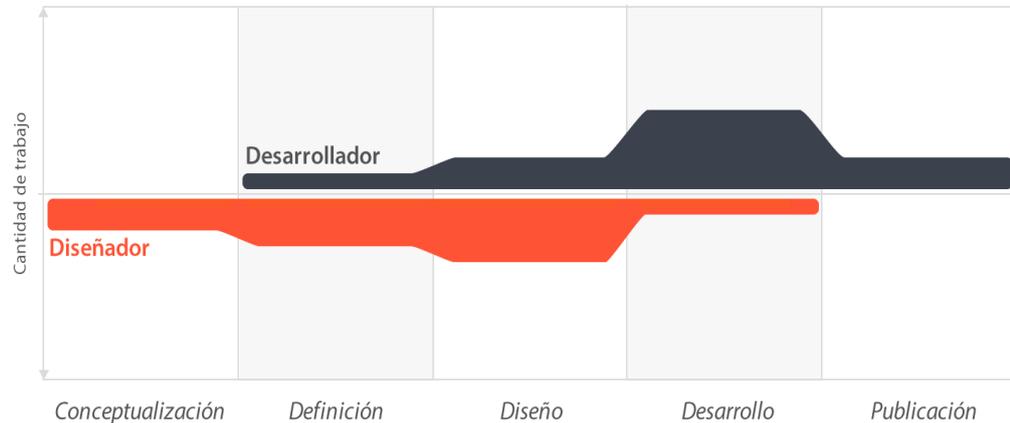
Los sistemas operativos utilizados en teléfonos móviles, no son diferentes a los usados por una computadora, puesto que su labor principal es el de controlar el dispositivo. Sin embargo, no son tan complicados como los sistemas operativos como Linux o Windows, estos se enfocan más en las conexiones inalámbricas. (APONTE GÓMEZ y DÁVILA RAMÍREZ, 2011)

### **Android**

Android es una plataforma de código abierto, Por lo que cualquier individuo que tenga el conocimiento, puede hacer aportes en lo que respecta a su programación. (MARCILLO JARAMILLO, 2017)

## Diseño y desarrollo

Estos procesos abarcan desde que se concibe la idea de lo que se quiere desarrollar hasta el posterior análisis realizado luego de la publicación de la app. (CUELLO y VITTONI, 2013)



**Figura 11:** Proceso de diseño.

**Fuente:** (CUELLO y VITTONI, 2013).

### Conceptualización

En esta etapa los desarrolladores se enfocan en las necesidades que tienen los usuarios, así como también en los problemas que intentan solucionarle al usuario, se podría decir que es como una investigación previa. (CUELLO y VITTONI, 2013)

### Definición

En esta etapa, se enfoca en estudiar al cliente final, definiendo de manera concreta, para quien se va a desarrollar la aplicación, y según eso se podrá ver el alcance que tendrá el proyecto, así como la complejidad que va a conllevar llevarlo a cabo. (CUELLO y VITTONI, 2013)

### Diseño

En esta etapa el equipo de diseño crea los prototipos iniciales, los cuales van a ser testeados por los usuarios. Las ideas planteadas y el estudio

realizado se empiezan a llevar a cabo, para que este sea enviado al desarrollador. (CUELLO y VITTONI, 2013)

### **Desarrollo**

La persona encargada de realizar esta tarea es el programador, este se encargará de hacer “materializar” el diseño, para que se pueda lanzar la primera versión del aplicativo, una vez lanzada la primera versión, el programador estará pendiente de corregir los posibles errores que puedan surgir, así como también asegurar el buen desempeño de la aplicación. (CUELLO y VITTONI, 2013)

### **Publicación**

En esta etapa, el aplicativo móvil se lanza a la venta o de manera gratuita, dependiendo el caso para el cual fue creada, una vez lanzada, se hace un seguimiento de estadísticas de las descargas, y que tan positiva es la respuesta de los usuarios al utilizarla por vez primera. (CUELLO y VITTONI, 2013)

### **Ingeniería de software**

La ingeniería de software es el área donde se aplica diferentes métodos, procedimientos, técnicas y gestión del proyecto con el fin de poder solucionar un problema, esta nos permite obtener un producto final de alta calidad que cumpla con los estándares del desarrollo de software.

### **Arquitectura del software**

Nos permite minimizar riesgos que vienen junto con el desarrollo del software, también nos ayuda a elegir entre arquitecturas donde los cambios aún pueden ser aplicables y por último nos ayuda a visualizar cuan efectivo es el diseño para determinar si se están cumpliendo con los requerimientos. (PRESSMAN, 2010)

## Metodología tradicional

Esta metodología se caracteriza por realizar toda la documentación del proyecto antes de desarrollarlo, precisando entregables y un plan de trabajo estructurado. (Maida y Pacienza, 2015)

Son comúnmente llamadas pesadas, tienen la gran barrera de que no se pueden adaptar a cambios, es decir que los requisitos o funciones ya definidos en la primera etapa no pueden variar, careciendo de retroalimentación.

## Metodología Ágil

Se caracteriza por ser abierta a cambios en el proceso de desarrollo de la aplicación, permitiendo cambios en el proyecto de última hora. En esta metodología se realizan constantemente entregables, ya que los ciclos son rápidos. (Maida y Pacienza, 2015)

La metodología ágil se centra en la importancia de poder adaptarse a los posibles cambios con cada retroalimentación, logrando esto gracias a la excelente comunicación que existe con los clientes y equipo de trabajo.

## Metodología XP

Se enfoca en producir software, enfocándose más en el desarrollo, mejorando así la eficiencia de todos los integrantes del equipo de desarrollo. Esta metodología promueve buenas prácticas para el desarrollo de software. (BELLO, 2021)

**Tabla 2:** Diferencias entre la Metodología XP y Scrum.

	XP	SCRUM
DIFERENCIAS	Metodología de desarrollo mas centrada en la programación o creación del producto.	Metodología de desarrollo ágil basada en la administración del proyecto.
	Los miembros del equipo programan en parejas.	Cada miembro del equipo trabaja de forma individual.
	Las iteraciones de entrega don de 1 a 3 semanas.	Las iteraciones de entrega son de 1 a 4 semanas.

	Las tareas se van terminando, aunque son susceptibles de ser modificadas durante el transcurso de proyecto, incluso, después de que funcionen correctamente.	Al finalizar un Sprint, las tareas del sprint Backlog que se hayan realizado y que el producto Owner haya mostrado su conformidad ya no se retoca.
	El equipo de desarrollo sigue estrictamente el orden de prioridad de las tareas definido por el cliente.	Trata de seguir el orden de prioridades que marca el Product Owner en el Sprint Backlog, pero puedo cambiarlo si es mejor para el desarrollo de tareas.

**Fuente:** Elaboración propia

## Valores

### Simplicidad

Lo que lo hace simple es que tiende a desglosar el problema en pequeños problemas, generando así los entregables, se enfoca en los problemas que se presentan en el momento, dejando de lado los posibles que vendrán en un futuro. (BELLO, 2021)

Con respecto al desarrollo, promueve la programación por componentes, lo cual hace que el código sea más simple y más reutilizable, esto maximiza la velocidad con la que se crea una aplicación medianamente grande. (GUILLÉN QUISCA, 2013)

### Comunicación

La comunicación es un pilar importante, teniendo como objetivo promover que todos los requisitos sean informados y desarrollados con todo el equipo, buscando evitar hacerlo por la documentación. (BELLO, 2021)

### Retroalimentación

Ya que los ciclos son cortos, se hacen entregas de prototipos constantemente, para cuando el cliente dude y quiera hacer un cambio a la aplicación, no se tenga que tirar meses de trabajo a la basura, sino que constantemente se mejora el sistema añadiendo y quitando

funcionalidades a través de las evaluaciones de los prototipos. (GUILLÉN QUISCA, 2013)

### **Valor**

Se promueve el dicho “no dejes para mañana lo que puedes hacer hoy”. El programador debe de estar enfocado solo en el trabajo que está realizando, ya que, si se distrae, se retrasará en sus entregables generando retrasos. (BELLO, 2021)

### **Roles**

#### **Programador**

Es el que se encarga de la construcción de sistema el cual se está desarrollando, el programador tiene que tener una buena comunicación con otros integrantes del equipo. (LETELIER y PENADÉS, 2006)

#### **Cliente**

El cliente es aquel para el cual está dirigido el sistema, él es el que crea las historias de usuario, dando a conocer sus necesidades mediante ello. Este también tiene la potestad de elegir que historia de usuario tiene más importancia, todo de acuerdo a sus necesidades. (LETELIER y PENADÉS, 2006)

#### **Tester**

Es el encargado de poner a prueba la funcionalidad del sistema, ayudando al cliente y guiándolo en escoger las pruebas necesarias para comprobar si el sistema funciona de manera adecuada. Una vez hechas las pruebas, se encarga de comunicar a los demás miembros del equipo los resultados obtenidos. (LETELIER y PENADÉS, 2006)

#### **Tracker**

Se encarga de dar seguimiento a la aplicación, verifica si el sistema cumple con las expectativas frente a los usuarios y propone cambios. Este analiza los objetivos y según ello informa cuáles se están

cumpliendo y cuáles no se están cumpliendo (LETELIER y PENADÉS, 2006)

### **Coach**

Se encarga de implementar correctamente los procesos de la metodología, para ello, es necesario que tenga un excelente conocimiento de la metodología. (LETELIER y PENADÉS, 2006)

### **Consultor**

Es un integrante externo del equipo. A este miembro del equipo se le hace el llamado cuando hay problemas específicos a resolver en el sistema en el cual se está trabajando. (LETELIER y PENADÉS, 2006)

### **Big boss**

Se encarga de dirigir y coordinar al equipo, brindando las condiciones adecuadas para que estos puedan llevar a cabo su trabajo. (LETELIER y PENADÉS, 2006)

### **Fases de desarrollo**

**Tabla 3:** Fases de desarrollo y Principios XP.

<b>Fases</b>	<b>Principio</b>
Planificación	El juego de la planificación
	Entregas pequeñas
	Metáfora
Diseño	Diseño simple
Codificación	Refactorización
	Programación en pares
	Propiedad colectiva
	Integración continua
	Semanas de 40 horas
	Cliente in situ
	Estándares de programación
Pruebas	Pruebas

Fuente: Elaboración propia.

## Planificación

La metodología XP plantea esta fase para lograr una constante comunicación entre el usuario y el equipo de desarrollo.

## Historias de usuario

Según (Maida y Pacienza, 2015):

Son escritas por el usuario o cliente, a diferencia de los casos de uso que son escritos y definidos por el analista de sistema. Se sugiere que estas historias sean cortas y en un lenguaje no técnico.

Las historias llevan consigo detalles de cómo va a ser desarrollado el sistema, los cuales fueron definidos por el usuario final. (GUILLÉN QUISCA, 2013)

Tabla 4: Ejemplo de historia de usuario.

Historia de Usuario	
Número:	Nombre:
Usuario:	
Modificación de Historia Número	Iteración Asignada
Prioridad en el Negocios: Alta (Alta/Media/Baja)	Puntos estimados:
Riesgo en desarrollo: Baja (Alta/Media/Baja)	Puntos reales:
Descripción:	
Observaciones:	

Fuente: Elaboración propia.

Se sugiere a los desarrolladores escribir las historias de usuario a mano y no por computadora, de igual forma a las historias realizadas por el cliente. (BECK y ANDRÉS, 2004)

### **Release planning**

Es la tarea en el que los desarrolladores y los miembros del equipo en general, determinan los tiempos de entrega de cada funcionalidad, y también se determina las fechas en las que se va a satisfacer las historias de usuario, decidiendo que lo que se hará primero, según sea la prioridad del cliente. (GUILLÉN QUISCA, 2013)

### **Iteraciones**

Se determinan cuantas iteraciones tendrá el desarrollo en la fase inicial, se sugiere que las iteraciones no duren más de dos semanas, puesto que los entregables tienen que ser rápidos, también, que los usuarios o clientes decidan qué historia se desarrollara por cada iteración. (LETELIER y PENADÉS, 2006)

### **Velocidad del proyecto**

Determinar la velocidad del proyecto depende en el número de personal existente y la complejidad del proyecto a realizarse. De esto se determina cuantas historias se pueden desarrollar por cada iteración. (GUILLÉN QUISCA, 2013)

### **Reuniones diarias**

La finalidad de las reuniones es mantener al equipo comunicado y pendiente de las novedades que se presentan en otras áreas en las que uno no domina, Aquí, se comparte información relevante. (Maida y Pacienza, 2015)

### **Diseño**

Es lo que le da valor al software, puesto que lo que se diseña aún no está en ejecución, se pueden hacer modelos a prueba y error hasta encontrar la solución y arquitectura adecuada para el sistema. Esto ayuda a que la empresa, ahorre millones de dólares si en caso el proyecto que se está llevando a cabo es muy complejo. (GUILLÉN QUISCA, 2013)

## Características

### Glosario de términos

Tener en cuenta las buenas prácticas al momento de nombrar clases y objetos en el desarrollo del sistema, esto hace que sea más fácil el trabajo en equipo.

### Riesgos

Todo proyecto tiene riesgos, por ello, se sugiere que los desarrolladores trabajen en parejas para que les sea más fácil encontrar las vulnerabilidades del sistema.

### Funcionalidad extra.

No es recomendable añadir funcionalidad extra al sistema que se está desarrollando, ya que esto incurre en gastos tanto laborales como económicos.

### Refactorizar

Se usa esta fase para optimizar el sistema, mejorando procesos, tiempos de respuesta, entre otras cosas, todo esto sin modificar la funcionalidad que se propuso en un comienzo.

### Tarjetas CRC

Hace que el desarrollador pueda centrarse en visualizar el sistema en forma de clases y objetos, estas tarjetas simbolizan objetos y la clase a la que pertenece este objeto es escrita a en la parte de arriba de la tarjeta, en la parte izquierda, se propone escribir las distintas responsabilidades a cargo del desarrollador y en la parte derecha se escriben los colaboradores.

**Tabla 5:** Ejemplo de tarjeta CRC.

Nombre de la clase	
Responsabilidades:	Colaboradores:

**Fuente:** Elaboración propia.

## Codificación

La programación del sistema se debe realizar bajo las buenas prácticas de software, esto hace que el código sea más fácil de mantener y se mantenga escalable. En este punto es muy importante someter el código a distintas pruebas para comprobar si la solución que se está dando a determinada funcionalidad es la adecuada. (GUILLÉN QUISCA, 2013)

## Pruebas

Según (GUILLÉN QUISCA, 2013) afirma que:

Las pruebas son aquellas que hacen posible que el proceso de refactorización sea más fácil de llevar a cabo, esto nos ayudara a pulir procesos que probablemente estén fallando

**Tabla 6:** Ejemplo de caso de prueba de aceptación.

Caso de prueba de aceptación	
Código	Historia de usuario (Número y Nombre)
Nombre:	
Descripción:	
Condiciones de ejecución:	
Entrada / Pasos de ejecución:	
Resultado esperado:	
Evaluación de la prueba:	

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.3. Definición de términos

#### Inteligencia Artificial

Simulación de procesos realizados por máquinas tratando de imitar a la inteligencia humana.

## **Aprendizaje Supervisado**

Algoritmos que aprenden de datos ingresados por una persona, estos algoritmos generan datos de salida esperados, que en el momento que han sido ingresados ya han sido etiquetados por alguien.

## **Visión artificial**

Es la disciplina que utiliza métodos de adquisición, proceso y análisis de imágenes, esto con la finalidad de elaborar información que pueda ser procesada y analizada por una computadora.

## **Datos de entrenamiento**

Datos que utilizamos para el entrenamiento de nuestro modelo de Red Neuronal.

## **Datos de validación**

Datos que son empleados después de las iteraciones de entrenamiento para verificar si se está produciendo un sobre aprendizaje.

## **Datos de testeo**

Datos utilizados para la verificación de la efectividad del modelo de Red Neuronal

## **Redes Neuronales Convolucionales**

Redes Neuronales que se basan en el uso de convoluciones. Clasifican imágenes mediante características y no solo por píxeles.

## **Capas**

Agrupación de unidades Estructurales, dentro de estas, las neuronas pueden juntarse y agruparse formando así grupos neuronales.

## **Perceptrón**

Manifestación más simple de una Red Neuronal.

## **Pesos**

Se considera a los pesos de las uniones que se producen en las neuronas, como el conocimiento en una red Neuronal.

## **Sesgo**

Controla que tan predispuesta está la neurona a arrojar 0 o 1, se utiliza para de alguna manera “forzar” el valor de la predicción en algunos valores de entrada.

## **Función de Activación**

También se conoce como filtro, umbral o función limitadora, esta función modifica el resultado, impone un límite para poder pasar a otra neurona.

## **Max Pooling**

Es una matriz denominada filtro que recorre los píxeles de la imagen por bloques, esto para agruparlos, selecciona el valor más elevado sobre el bloque en el que esté operando.

## **Optimizador**

Se encarga de generar pesos cada vez más precisos y mejores, calcula la gradiente de la función de pérdida por cada peso en la red neuronal.

## **Función de Pérdida**

Se encarga de evaluar la desviación que existe entre la red neuronal y los valores reales que son utilizados durante el proceso de aprendizaje.

## **Aplicativo móvil**

Sistema diseñado para que se pueda ejecutar en un teléfono celular o una tableta.

## **Overfitting**

Problema que se produce porque a nuestra red neuronal la entrenamos solo con datos particulares, haciéndola incapaz de reconocer nuevos datos de entrada.

**Paso (Strides)**

Número de píxeles saltados sobre la matriz de entrada, si el valor *stride* es igual a 2, entonces el filtro se mueve 2 píxeles hacia la derecha.

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

### **2.4. Tipo de Investigación**

El estudio realizado en esta tesis es Aplicada.

La investigación aplicada, que también es llamada “investigación práctica” o “investigación empírica” tiene la característica de emplear los estudios obtenidos, al mismo tiempo en que adquieren otros. Usando lo aprendido y los frutos de la investigación obtenemos una manera estructurada, sistemática y rigurosa de comprender la realidad (Cordero, 2009).

### **2.5. Diseño de la Investigación**

Esta tesis tiene un diseño pre-experimental de un solo grupo con pretest y posttest. Puesto que veremos de qué manera la variable independiente (Aplicativo móvil) influye a la variable Dependiente (Detección de la enfermedad del mosaico), y también veremos el efecto que tiene la variable Interviniente (Red Neuronal Convolucional) en la variable independiente.

“Se administra una prueba denominada pretest (O) a un conjunto de individuos, luego se aplica un proceso denominado tratamiento (X) para así, finalmente, realizar una última prueba denominada posttest (O). El resultado es la medición de la alteración que ocurre del pretest al posttest.” (Gaspar Garcia, 2011).

***G : O1 X O2***

Donde:

G : Grupo o conjunto Experimental.

- O1 : Resultados obtenidos de la primera prueba (pre-test).
- O2 : Resultados obtenidos de la segunda prueba (post-test).
- X : proceso inducido denominado tratamiento. (intervención de la variable independiente e interviniente).

## **2.6. Nivel de Investigación**

Nivel: Descriptiva.

La finalidad de la investigación descriptiva es la de reunir información acerca de características, dimensiones, aspectos o propiedades para probar hipótesis o contestar preguntas referentes a la situación corriente de los objetos de estudio. Este estudio decreta e informa la forma de ser de los objetos de estudio (ESTEBAN NIETO, 2018).

## **2.7. Población y Muestra**

### **Población**

Para este estudio se consideró como población a todos los integrantes de la asociación civil “Unidos Tres Estrellas” (ASCIUNTES) conformada por 13 socios.

### **Muestra**

Se tomó como muestra de estudio a todos los participantes de la asociación civil “Unidos Tres Estrellas” (ASCIUNTES). El tipo de muestra de esta investigación es no probabilística e intencionada.

Una muestra no probabilística e intencionada no se basa en fórmulas y tampoco es mecánica. La selección de los datos de estudio no obedece a la probabilidad, sino que depende de las causas que están vinculadas con la investigación o con las intenciones del investigador (SAMPIERI HERNANDEZ, COLLADO FERNANDEZ y BAPTISTA LUCIO, 2014).

## **2.8. Técnica e instrumentos de recolección de datos.**

### **2.8.1. Métodos y técnicas.**

Se utilizó para esta tesis las encuestas.

Se realizó también un muestreo sistemático en grilla en las ubicaciones de los cultivos hasta obtener los datos que validaron la Red Neuronal Convolucional.

“La encuesta es una técnica muy utilizada por los investigadores en una investigación, puesto que ayuda a obtener y elaborar datos de forma rápida y eficaz.” (Gaspar Garcia, 2011)(Casas, Repullo y Donado, 2003).

Un muestreo sistemático en grilla es utilizado para evitar posibles desbalances que se puedan presentar en la distribución de los puntos de muestreo en las chacras y cultivos (Bongiovanni et al., 2006).

### **2.8.2. Instrumentos.**

- Cuestionario.
- Teléfono celular REDMI NOTE con cámara trasera de 48 Mpx.

Un cuestionario es considerado un instrumento de nivel básico que se emplea en un estudio que utiliza la técnica de la encuesta, el cual coge de manera sistematizada los indicadores de las variables estudiadas en la investigación. Un cuestionario busca traducir variables empíricas de las cuales se está solicitando información (Casas, Repullo y Donado, 2003).

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. Procesamiento y evaluación de resultados de la variable Independiente

#### 4.1.1. Variable Independiente: Aplicativo Móvil

Se utiliza la escala valorativa de 5 puntos para efectuar la interpretación de las variables y sus dimensiones donde:

**Tabla 7:** Representación de Escalas.

<b>Escala ISO 9126</b>	<b>Promedio</b>	<b>Escala alternativa</b>
<b>Inaceptable</b>	1.00 – 1.80	Muy malo
<b>Mínimamente aceptable</b>	1.81 – 2.61	Malo
<b>Aceptable</b>	2.62 – 3.42	Regular
<b>Cumple con los requisitos</b>	3.43 – 4.23	Bueno
<b>Excede los requisitos</b>	4.24 – 5.00	Muy Bueno

**Fuente:** Elaboración propia.

## Resultados en interpretación de las dimensiones con respecto a la variable independiente: **Aplicativo móvil.**

**Tabla 8:** Resultados obtenidos de las dimensiones

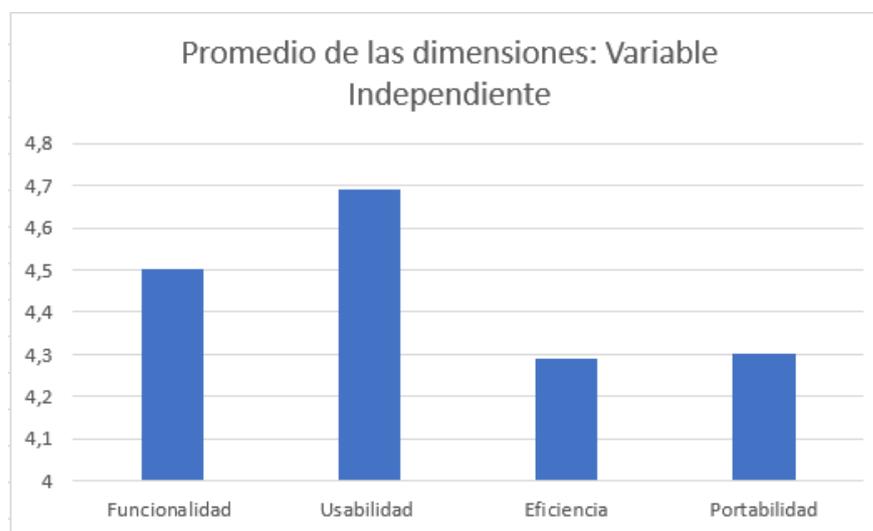
Dimensiones	Media	Escala ISO 9126
<b>Funcionalidad</b>	4.5	Excede los requisitos
<b>Usabilidad</b>	4.7	Excede los requisitos
<b>Eficiencia</b>	4.2	Cumple con los requisitos
<b>Portabilidad</b>	4.3	Excede los requisitos
<b>Sistema móvil y CNN</b>	4.4	Excede los requisitos

Fuente: Elaboración propia.

### **Análisis e Interpretación:**

Con respecto a la variable Independiente: (Aplicativo móvil), de acuerdo a las dimensiones según ISO 9126. Según encuestas realizadas a los usuarios de la aplicación, se determinó que: Para la dimensión de **funcionalidad**, se consiguió una media de 4.5, lo que indica que cumple con los requisitos esperados, para la dimensión **usabilidad** se consiguió una media de 4.7, lo cual indica que cumple con los requisitos esperados, para la dimensión de **eficiencia** se consiguió una media de 4.2, lo cual indica que cumple con los requisitos esperados, para la dimensión **portabilidad** se consiguió una media de 4.3 lo cual indica que cumple los requisitos esperados, la dimensión rapidez obtuvo un promedio de 4.4, lo cual indica que cumple con los requisitos esperados,

y por último, para la variable independiente que obtuvo un promedio de 3.9, también se puede apreciar que satisface los requisitos de calidad.



**Figura 12:** Representación de los promedios obtenidos de las dimensiones de la variable Independiente.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2. Procesamiento y evaluación de resultados de la variable interviniente (Red Neuronal Convolutiva)

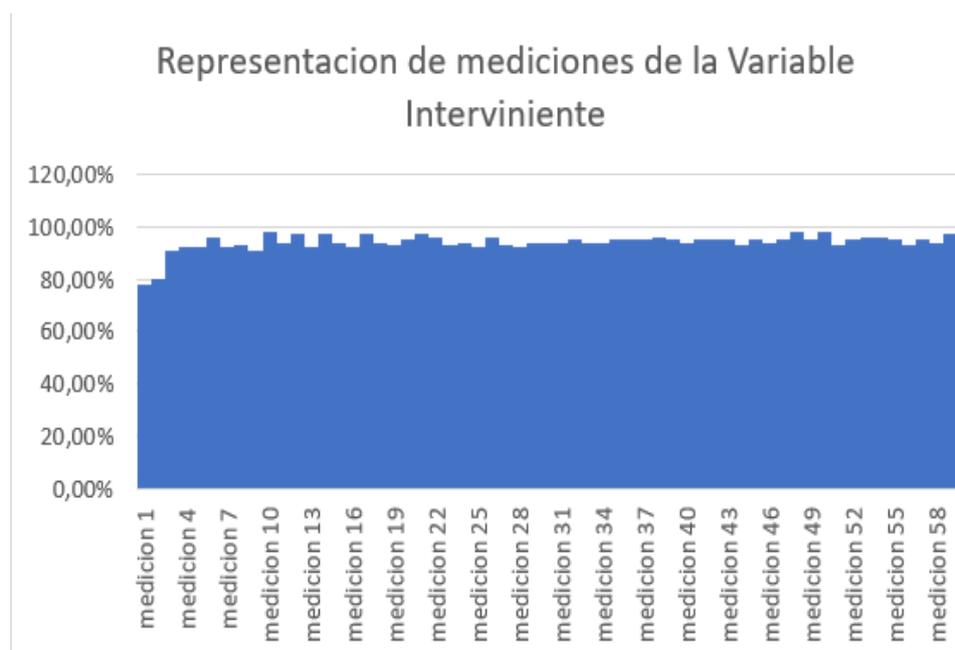
Utilizaremos los datos arrojados por la Red Neuronal Convolutiva al momento de entrenar y validar los datos, evidenciados en la siguiente tabla.

**Tabla 9:** Resultados de la Exactitud del modelo.

N°	Med.	N°	Med.	N°	Med.
1	78%	21	97%	41	95%
2	80%	22	96%	42	95%
3	91%	23	93%	43	95%
4	92%	24	94%	44	93%
5	92%	25	92%	45	95%
6	96%	26	96%	46	94%

<b>7</b>	92%	<b>27</b>	93%	<b>47</b>	95%
<b>8</b>	93%	<b>28</b>	92%	<b>48</b>	98%
<b>9</b>	91%	<b>29</b>	94%	<b>49</b>	95%
<b>10</b>	98%	<b>30</b>	94%	<b>50</b>	98%
<b>11</b>	94%	<b>31</b>	94%	<b>51</b>	93%
<b>12</b>	97%	<b>32</b>	95%	<b>52</b>	95%
<b>13</b>	92%	<b>33</b>	94%	<b>53</b>	96%
<b>14</b>	97%	<b>34</b>	94%	<b>54</b>	96%
<b>15</b>	94%	<b>35</b>	95%	<b>55</b>	95%
<b>16</b>	92%	<b>36</b>	95%	<b>56</b>	93%
<b>17</b>	97%	<b>37</b>	95%	<b>57</b>	95%
<b>18</b>	94%	<b>38</b>	96%	<b>58</b>	94%
<b>19</b>	93%	<b>39</b>	95%	<b>59</b>	97%
<b>20</b>	95%	<b>40</b>	94%	<b>60</b>	98%

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 13:** Representación de las mediciones obtenidas de la variable Interviniente.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 4.3. Prueba de hipótesis

#### 4.3.1. Prueba de hipótesis general

##### Planteamiento de Hipótesis

$$H_0: \mu_A = \mu_B$$

$H_0$ : No Existe una diferencia significativa entre la mediana de los puntajes conseguidos antes de la implementación y después de la implementación de un Aplicativo Móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, para mejorar el proceso de detección de la enfermedad del mosaico, en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”.

$$H_1: \mu_A \neq \mu_B$$

$H_1$ : Existe una diferencia significativa entre la mediana de los puntajes conseguidos antes de la implementación y después de la implementación de un Aplicativo Móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, para mejorar el proceso de detección de la enfermedad del mosaico, en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”.

##### Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

##### Valor Z

$$Z_t = 1.96$$

##### Estadístico de prueba

$$Z_c = \frac{W - \left[ \frac{n(n+1)}{4} \right]}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}}$$

Donde:

$Z_c$  = Valor Z calculado de Wilcoxon.

n = número de muestras.

W = Valor Estadístico de Wilcoxon.

**Tabla 10:** Rangos obtenidos para el valor W de Wilcoxon.

Rangos				
		N	Rango promedio	Suma de rangos
deteccion_postest-	Rangos negativos	1 <sup>a</sup>	3,50	3,50
deteccion_pretest	Rangos positivos	12 <sup>b</sup>	7,29	87,50
	Empates	0 <sup>c</sup>		
	Total	13		

a. deteccion\_postest < deteccion\_pretest  
 b. deteccion\_postest > deteccion\_pretest  
 c. deteccion\_postest = deteccion\_pretest

Fuente: SPSS

Según el Software SPSS, podemos encontrar que el valor Estadístico de Wilcoxon varía entre 3.50 y 87.50, por tanto, tomamos el menor valor para poder reemplazar en la fórmula.

$$Z_c = \frac{3.5 - \left[ \frac{13(13 + 1)}{4} \right]}{\sqrt{\frac{13(13+1)(26 + 1)}{24}}}$$

$$Z_c = \frac{3 - 45.5}{\sqrt{204.75}}$$

$$Z_c = \frac{- 42.5}{\sqrt{204.75}}$$

$$Z_c = -2.97$$

## Calculamos el valor p y $Z_c$ en SPSS

**Tabla 11:** Resultados del valor p y  $Z_c$  basado en signos negativos.

Estadísticos de contraste <sup>a</sup>	
	deteccion_po stest- deteccion_pre test
Z	-2,950 <sup>b</sup>
Sig. asintót. (bilateral)	,003

a. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon  
b. Basado en los rangos negativos.

Fuente: SPSS

### Regla de decisión

Si  $Z_c > Z_t$  entonces:

Acceptamos la  $H_1$  y rechazamos la  $H_0$ .

Si  $Z_c < Z_t$  entonces:

Rechazamos la  $H_1$  y aceptamos la  $H_0$ .

### Decisión

Teniendo como resultado que el valor de  $Z_c = |-2.97|$  es mayor a  $Z_t = 1.96$ , y además tenemos que el p valor  $0.003 < 0.05$  entonces: Se procede a rechazar la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ . Esto significa que tuvo un efecto positivo para un nivel de significancia de 0,05. Además, se pudo comprobar que la exactitud con la que se detectaba la enfermedad aumentó en un 20 % y el tiempo del proceso de detección (diagnóstico y registro) disminuyó de una media de 6 minutos a 1 minuto.

### 4.3.2. Prueba de hipótesis específica 1

#### Planteamiento de Hipótesis

$$H_0: \mu \leq 90$$

$H_0$ : La media de la exactitud del modelo de Red Neuronal Convolutacional entrenado para la detección de la enfermedad del mosaico es menor o igual a 90%.

$$H_1: \mu > 90$$

$H_1$ : La media de la exactitud del modelo de Red Neuronal Convolutacional entrenado para la detección de la enfermedad del mosaico es mayor a 90%.

#### Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

#### Estadístico de prueba

Para este caso, que queremos determinar medias en muestras pequeñas, utilizamos la prueba t de student para una muestra. Esto lo realizamos con el software SPSS.

**Tabla 12:** Resultados de la prueba T de Student para la Hipótesis Especifica 1.

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 90					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
resultado	9,352	59	,000	4,01667	3,1573	4,8761

Fuente: SPSS

#### Regla de decisión

Si  $p$  - valor  $< \alpha$  entonces:

Rechazamos la  $H_0$  y Aceptamos la  $H_1$ .

Si  $p$  – valor  $> \alpha$  entonces:

Aceptamos la  $H_0$  y Rechazamos la  $H_1$

### Decisión

Tenemos que el p valor = 0.00 es menor a 0.05, entonces: Se Rechaza la  $H_0$  y se Acepta la  $H_1$ . Esto quiere decir, con un nivel de significancia de 5%, que existe evidencia de que la media de exactitud obtenida en el entrenamiento de la red neuronal es mayor a 90 %.

### 4.3.3. Prueba de Hipótesis específica 2

Para encontrar la relación entre las dimensiones dadas por la variable independiente y las dimensiones dadas por la variable dependiente, en esta prueba estadística que evalúa datos ordinales, utilizamos la prueba Rho de Spearman.

### Planteamiento de Hipótesis

$$H_0: \mu = 0$$

$H_0$ : La eficacia del Aplicativo móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva no influye significativamente en el diagnóstico de la enfermedad del mosaico en la asociación civil "Unidos Tres Estrellas".

$$H_1: \mu \neq 0$$

$H_1$ : La eficacia del Aplicativo móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva influye significativamente en el diagnóstico de la enfermedad del mosaico en la asociación civil "Unidos Tres Estrellas".

### Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

### Valor Z del nivel de confianza

$$Z_t = 1.96$$

### Prueba estadística

$$Z_c = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

Donde:

$Z_c$  = Estadístico de prueba

$r$  = Coeficiente de correlación

$n$  = Número de muestras

**Tabla 13:** Resultado de la correlación entre la variable dependiente e independiente.

Correlaciones				
			proceso_de_deteccion	eficiencia_aplicativo
Rho de Spearman	proceso_de_deteccion	Coeficiente de correlación	1,000	,581*
		Sig. (bilateral)	.	,037
		N	13	13
	eficiencia_aplicativo	Coeficiente de correlación	,581*	1,000
		Sig. (bilateral)	,037	.
		N	13	13

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

**Fuente:** SPSS.

$$Z_c = \frac{0.581}{\sqrt{\frac{1 - 0,581^2}{13 - 2}}}$$

$$Z_c = \frac{0.581}{0.2454}$$

$$Z_c = 2.37$$

### Regla de decisión

Si  $Z_c > Z_t$  entonces:

Rechazamos la  $H_0$  y Aceptamos la  $H_1$ .

Si  $Z_c < Z_t$  entonces:

Aceptamos la  $H_0$  y Rechazamos la  $H_1$

## Decisión

Tenemos que  $Z_c = 2.37 > Z_t = 1.96$  y también que el  $p$  – valor =  $0.037 < 0.05$  entonces: Aceptamos la  $H_1$  y Rechazamos la  $H_0$ . Esto significa que la eficacia del aplicativo móvil que utiliza Redes Neuronales Convolucionales influye significativamente en el proceso de detección de la enfermedad del mosaico en la asociación civil Unidos Tres Estrellas.

### 4.4. Análisis de software:

El aplicativo móvil, que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, busca mejorar el proceso de diagnóstico en las plantas de yuca que padecen la enfermedad del mosaico.

Aplicativo móvil: El aplicativo móvil captura mediante la cámara del teléfono móvil las características que muestra la hoja. Las imágenes sacadas serán enviadas mediante el teléfono celular a un servidor que, convirtiendo primero las imágenes en matrices y seguidamente en tensores, envía la información de la imagen al Modelo de Red Neuronal Convolutiva.

El Modelo de Red Neuronal Convolutiva toma la imagen y la procesa para posteriormente hacer un diagnóstico. La imagen pasa a través de las capas de convolución, las cuales extraen las características esenciales, luego pasa por las capas densas, las cuales toman la imagen, y la envían a una última capa con 2 salidas, las cuales toman la decisión de si la imagen tomada pertenece a una hoja enferma, o si, por el contrario, pertenece a una hoja sana.

### Aspectos a tener en cuenta con respecto al Sistema.

- a) El modelo de Red Neuronal Convolutiva, solo arroja el resultado, ya sea enferma o no enferma, y no el porcentaje o el nivel de infección que pueda tener la hoja.
- b) Puesto que es un modelo de clasificación binario, arrojará el valor 0 por defecto (sana).
- c) La aplicación está desarrollada para la asociación civil “Unidos tres estrellas” es por ello que la aplicación no estará en la Google Play

Store, sino que será para uso reservado de la organización. Haciéndoles entrega del APK para que así se puedan instalar a sus dispositivos móviles.

#### 4.5. Desarrollo y producción del sistema con la metodología XP.

##### Desarrollo y producción

Usuarios finales:

**Tabla 14:** Usuarios finales.

<b>Clientes</b>	
<b>Cliente 1</b>	Asociados de la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”

**Fuente:** Elaboración propia.

Roles:

**Tabla 15:** Roles del Equipo de desarrollo.

<b>Rol</b>	<b>Nombre</b>
<b>Developer</b>	Díaz Holgado, Romario
	Vilcas Villalba, Denis Ricardo
<b>Coach</b>	Dr. Miranda Castillo, Ralph
	Mg. Holgado Apaza Luis Alberto

**Fuente:** Elaboración propia.

##### 4.5.1. Planificación

En este punto se crearon las historias de usuarios, los cuales nos dieron un mejor entendimiento de las necesidades de nuestros usuarios finales.

Lista de historias de usuario recopiladas:

**Tabla 16:** Historia de Usuario N°5 – Capturar Imagen.

<b>Nombre de Historia:</b> Capturar Imagen		
<b>Código:</b>	HU05	<b>Usuario:</b> Asociado
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Bajo	<b>Iteración:</b> 3

<b>Descripción:</b> Se desea que la aplicación móvil sea capaz de capturar imágenes de la hoja de la planta a través de la cámara del dispositivo móvil
<b>Prueba de aceptación:</b> -Obtener permisos de la cámara del teléfono móvil para que mediante ella pueda tomar las imágenes necesarias para enviarlas posteriormente al Modelo de Red Neuronal Convolutiva.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 17:** Historia de Usuario N°6 - Visualizar resultado.

<b>Nombre de Historia:</b> Visualizar Resultado		
<b>Código:</b>	HU06	<b>Usuario:</b> Asociado
<b>Prioridad:</b> Baja	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Bajo	<b>Iteración:</b> 3
<b>Descripción:</b> Se desea que la aplicación móvil sea capaz de mostrar el resultado del diagnóstico realizado a la hoja de la planta estudiada.		
<b>Prueba de aceptación:</b> -Crear interfaz para mostrar el resultado del diagnóstico.		

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 18:** Historia de Usuario N°7 - Registro de uso

<b>Nombre de Historia:</b> Registro de uso		
<b>Código:</b>	HU07	<b>Usuario:</b> Asociado
<b>Prioridad:</b> Baja	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Bajo	<b>Iteración:</b> 4
<b>Descripción:</b> Se desea que la aplicación móvil sea capaz de mostrar el registro de los resultados guardados la aplicación a lo largo del tiempo.		

**Prueba de aceptación:**

- Crear interfaz para mostrar lista con los datos de las veces que se ha utilizado la aplicación.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 19:** Historia de Usuario N°1 - Diseñar Aplicación.

<b>Nombre de Historia:</b> Diseño de Aplicación		
<b>Código:</b>	HU01	<b>Usuario:</b> Desarrollador
<b>Prioridad:</b> Media	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio	<b>Iteración: 1</b>
<b>Descripción:</b> Diseño de la interfaz de la aplicación móvil.		
<b>Prueba de aceptación:</b>		
- Diseñar las diferentes vistas las cuales conformaran la interfaz de la aplicación.		

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 20:** Historia de Usuario N°2 - Desarrollar Modelo de Red Neuronal Convolutional.

<b>Nombre de Historia:</b> Desarrollar Modelo de Red Neuronal Convolutional.		
<b>Código:</b>	HU02	<b>Usuario:</b> Desarrollador
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio	<b>Iteración: 1</b>
<b>Descripción:</b> Crear un Modelo de Red Neuronal Convolutional que reciba la imagen y devuelva el diagnóstico de si está enferma o sana.		

**Prueba de aceptación:**

- Diseñar y programar la estructura más óptima para que la Red Neuronal pueda darnos un diagnóstico con una precisión elevada.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 21:** Historia de Usuario N°4 - Integrar el Modelo de Red Neuronal Convolutiva a la aplicación móvil.

<b>Nombre de Historia:</b> Integrar el modelo de Red Neuronal Convolutiva al sistema.		
<b>Código:</b>	HU04	<b>Usuario:</b> Desarrollador
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio	<b>Iteración: 2</b>
<b>Descripción:</b> Lograr la integración del modelo de Red Neuronal Convolutiva con el sistema.		
<b>Prueba de aceptación:</b> - Crear archivo .h5 que contenga el modelo para poder ser ejecutado en el servidor.		

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 22:** Historia de Usuario N°3 - Desarrollo de servidor

<b>Nombre de Historia:</b> Desarrollar Servidor para pretratamiento de imágenes.		
<b>Código:</b>	HU03	<b>Usuario:</b> Desarrollador
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Riesgo en desarrollo:</b> Medio	<b>Iteración: 2</b>
<b>Descripción:</b> Lograr que la imagen sea adecuada para poder ser recibida por la Red Neuronal.		
<b>Prueba de aceptación:</b>		

**Fuente:** Elaboración propia.

### Estimación de historias de usuario

Se estimó el tiempo necesario requerido por los programadores para cada historia de usuario, cuando se hubo concluido con la tarea de estimación, entonces se pudo obtener un plan o cronograma de entregables en la cual participaron todos los actores como son: el cliente, programadores y el jefe de proyecto.

Se consideró 5 días laborables por semana, dando a entender que los fines de semana, el equipo descansó para volver a reincorporarse al trabajo llegado el lunes. También se consideró que un día trabajado equivale a 8 horas, teniendo así, una programación de 40 horas semanales que sugiere la metodología de Programación Extrema.

**Tabla 23:** Estimación de tiempo de las historias de usuario.

Historia de Usuario	Denominación	Semanas estimadas	Días estimados
HU01	Diagnosticar la planta	2	10
HU02	Visualizar resultado	1	5
HU03	Registro de uso	1	5
HU04	Diseño de aplicación	1	5
HU05	Desarrollar modelo de Red Neuronal Convolutiva.	5	25
HU06	Integrar el modelo de Red Neuronal Convolutiva al sistema.	2	10

HU07	Desarrollar Servidor para pretratamiento de imágenes.	2	10
	Tiempo total estimado:	14	70

**Fuente:** Elaboración propia.

## Plan de entregables del sistema

Ya estimado el tiempo que llevara a cabo ejecutar las historias de usuario, podemos entonces plantear el plan de entregables del sistema.

**Tabla 24:** Plan de entregables del sistema por historias de usuario.

N°	HISTORIAS DE USUARIO	TIEMPO IDEAL DE DESARROLLO			TIEMPO ESTIMADO			Iteraciones				Entregables		
		Semanas	Días	Horas	Semanas	Días	Horas	1	2	3	4	meses		
												1	2	3
1	Diseño de Aplicación	1	5	40	1	5	40	X				X		
2	Desarrollar modelo de CNN	5	25	200	5	25	200	X				X	X	
3	Desarrollar servidor para pretratamiento de imágenes	2	10	80	2	10	80		X				X	
4	Integrar modelo CNN al sistema	2	10	80	2	10	80		X				X	
5	Capturar Imagen	2	10	80	2	10	80			X			X	X
6	Visualizar Resultado	2	10	80	2	10	80			X				X
7	Registro de uso	1	5	40	1	5	40				X			X
TIEMPO ESTIMADO (SEMANAS)								6	4	4	1	15		

**Fuente:** Elaboración propia.

## ITERACIONES POR CADA HISTORIA DE USUARIO

Se presenta las historias de usuario ubicadas según la programación de la planificación de los entregables del sistema (PLAN RELEASE).

**Tabla 25:** Iteraciones por historia de usuario.

Iteraciones	Historias de Usuario	Día Estimado
Primera Iteración	Diseño de Aplicación	5 días
	Desarrollar modelo de CNN	25 días
Segunda Iteración	Desarrollar servidor para pretratamiento de imágenes	10 días
	Integrar modelo de CNN al sistema	10 días
Tercera Iteración	Capturar Imagen	10 días
	Visualizar Resultado	5 días
Cuarta Iteración	Registro de uso	5 días

**Fuente:** Elaboración propia.

### Interpretación

Se puede interpretar de la tabla N°24 que: En la primera iteración, se dio cumplimiento a la historia de usuario “Diseño de Aplicación” el cual tuvo un tiempo estimado de ejecución de 5 días laborables y de la historia de usuario “Desarrollar modelo de CNN” el cual tuvo un tiempo estimado de 25 días laborables. En la segunda iteración, se dio cumplimiento a la historia de usuario “Desarrollar servidor para pretratamiento de imágenes” el cual tuvo un tiempo estimado de ejecución de 10 días y también se llevó a cabo la historia de usuario “Integrar modelo de CNN a la Aplicación” el cual tuvo un tiempo de duración de 10 días laborables. En la tercera iteración se dio cumplimiento a la ejecución de la historia de usuario “Capturar Imagen” el cual tuvo un tiempo estimado de ejecución de 10 días laborables, y de la historia de usuario “Visualizar resultado” el cual tuvo un tiempo estimado de ejecución de 5 días. Por último, en la cuarta iteración se dio cumplimiento a la historia de usuario “Registro de uso” el cual tuvo un tiempo estimado de 5 días laborables.

#### 4.5.2. Diseño

En esta etapa de la metodología XP, creamos tarjetas de clase-responsabilidad-colaboración. Estas representan objetos que sirvieron para identificar las responsabilidades u objetivos.

Para elaborar las tarjetas CRC, se tomó solo a las responsabilidades y colaboradores puestas en las historias de usuario.

#### Primera Iteración

**Tabla 26:** Tarjetas CRC - 1ª iteración.

Iteración	TARJETA CRC				
	HU	Nº	Nombre	Responsabilidades	Colaboradores
Primera iteración	HU01	1	Diseño	Crear Interfaz de bienvenida	
				Crear Interfaz de Captura de Imagen	
				Crear Interfaz de Visualizar resultado	
				Crear interfaz de registro de uso	
	HU02	2	Preprocesamiento	Obtener imágenes	Preprocesamiento
				redimensionar imágenes	
				etiquetar imágenes	
3	Modelo	crear modelo	Preprocesamiento Modelo		
		entrenar modelo			

**Fuente:** Elaboración propia.

#### Interpretación

En la tabla N°25, la conforman 2 historias de usuario, cada una de ellas con su respectiva tarjeta CRC.

“Diseño de aplicación” (HU01), tiene como objetivo principal diseñar todas las interfaces que se van a mostrar en la aplicación, dándole la posibilidad al usuario de la visualización de la interfaz de bienvenida, la interfaz de captura de imagen, la interfaz de visualización de resultado y la interfaz con la historia el uso.

“Desarrollar modelo de CNN” (HU02), tiene como objetivo pre procesar las imágenes tomadas como entrenamiento para que puedan ser utilizadas por el modelo, que, una vez creado, será entrenado con dichas imágenes.

## Segunda Iteración

**Tabla 27:** Tarjetas CRC - 2ª iteración.

Iteración	TARJETA CRC				
	HU	Nº	Nombre	Responsabilidades	Colaboradores
Segunda iteración	HU03	1	Pretratamiento	Obtener imágenes	
				Redimensionar imágenes	
	HU04	3	Integración	Guardar modelo ejecutable h5	Exportación
				Obtener modelo ejecutable en el servidor	Preprocesamiento

**Fuente:** Elaboración propia.

## Interpretación

En la tabla N°26, se nos presenta 2 historias de usuario que tienen su respectiva tarjeta CRC.

“Desarrollar servidor para pre entrenamiento de imágenes” (HU03), tiene como objetivo tomar las imágenes del mundo real para poder redimensionarlas y enviarlas a la Red Neuronal Convolutiva.

“Integrar modelo de CNN a la Aplicación” (HU04), tiene como finalidad la incorporación del modelo de Red Neuronal Convolutiva ya entrenada para que pueda usarse en la aplicación móvil.

### Tercera Iteración.

**Tabla 28:** Tarjetas CRC - 3ª iteración.

Iteración	TARJETA CRC				
	HU	Nº	Nombre	Responsabilidades	Colaboradores
Tercera iteración	HU05	1	Imagen	Capturar imagen	
	HU06	2	Diagnostico	Enviar imagen al modelo	Modelo
				Clasificar imagen	Imagen
				Mostrar Resultado	Diagnostico

**Fuente:** Elaboración propia.

#### Interpretación:

En la tabla N°27, se evidencia dos historias de usuario, las cuales tienen cada una sus respectivas tarjetas CRC.

Capturar Imagen (HU05) tiene como objetivo principal extraer características de la hoja estudiada a través de la cámara del dispositivo móvil para después ser enviada al modelo de Red Neuronal Convolutiva para su diagnóstico.

Visualizar Resultado (HU06) tiene como objetivo el mostrar el resultado que arroja el modelo de Red Neuronal Convolutiva una vez diagnosticada la imagen.

### Cuarta Iteración:

**Tabla 29:** Tarjetas CRC - 4ª iteración.

Iteración	TARJETA CRC				
	HU	Nº	Nombre	Responsabilidades	Colaboradores
Cuarta iteración	HU07	1	Diagnostico	Enviar imagen al modelo	Modelo
				Clasificar imagen	Imagen
				Mostrar Resultado	Diagnostico
	2	Historial	Guardar nuevo historial de uso	Diagnostico	
			Obtener Historial de uso		
			Listar Historia del uso		Historial

**Fuente:** Elaboración propia.

### Interpretación:

En la tabla N°28, se nos muestra una historia de usuario, la cual viene acompañada con su tarjeta CRC.

Registro de uso (HU07) tiene como objetivo principal el llevar un registro de las veces en la que el usuario ha utilizado la aplicación, la cual le permitirá visualizar un registro en específico o listarlos todos a la vez.

### Red Neuronal Convolutacional

#### Imágenes de entrenamiento

Se obtuvieron las imágenes de entrenamiento de la plataforma kaggle, estas nos servirán para poder entrenar a la Red Neuronal Convolutacional.



**Figura 14:** Imágenes de hojas sanas para entrenamiento.

**Fuente:** <https://www.kaggle.com/datasets/disonant/cassava-diseases-balanced>.

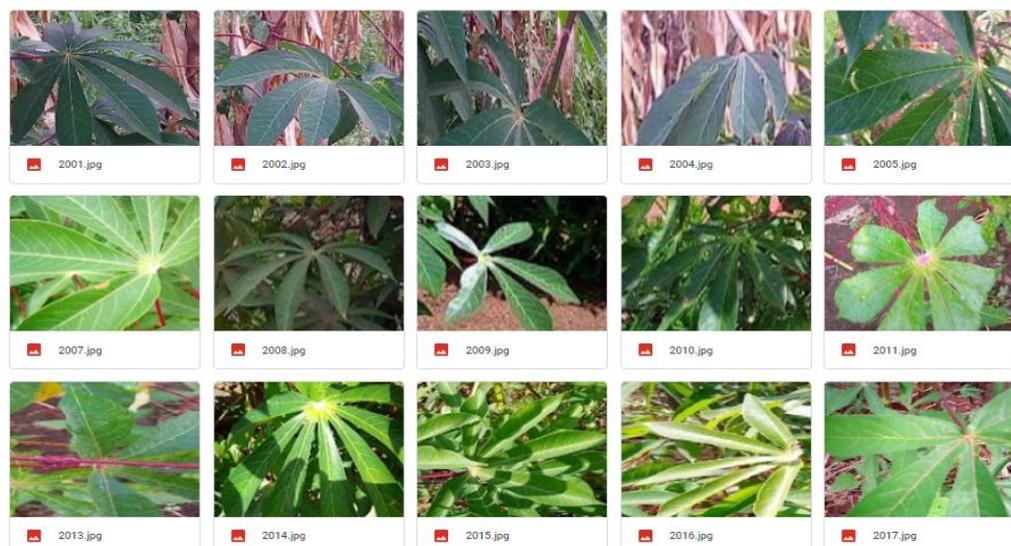


**Figura 15:** Imágenes de hojas enfermas para entrenamiento.

**Fuente:** <https://www.kaggle.com/datasets/disonant/cassava-diseases-balanced>.

### Imágenes de validación

Se hizo uso de un teléfono móvil Redmi Note 12 utilizando la cámara trasera de 48 Mpx, tomando las fotografías para la recolección de imágenes que nos ayudaran a validar la Red Neuronal Convolutiva con la cámara trasera del teléfono celular.



**Figura 16:** Imágenes de hojas sanas para validación.

Fuente: Elaboración propia.

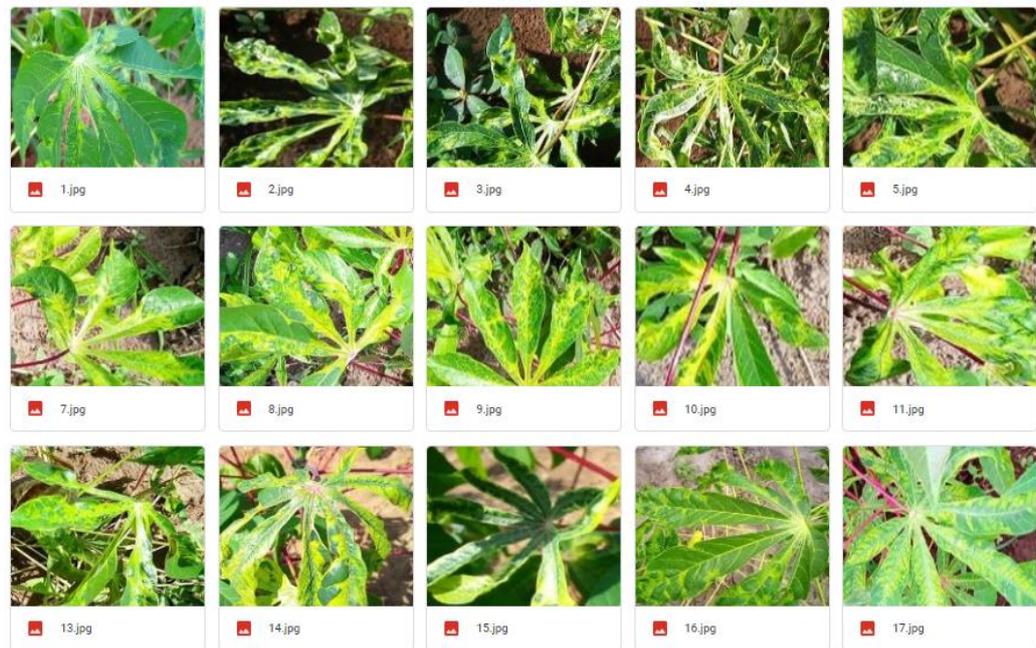


Figura 17: Imágenes de hojas enfermas para validación.

Fuente: Elaboración propia.

### 4.5.3. Codificación

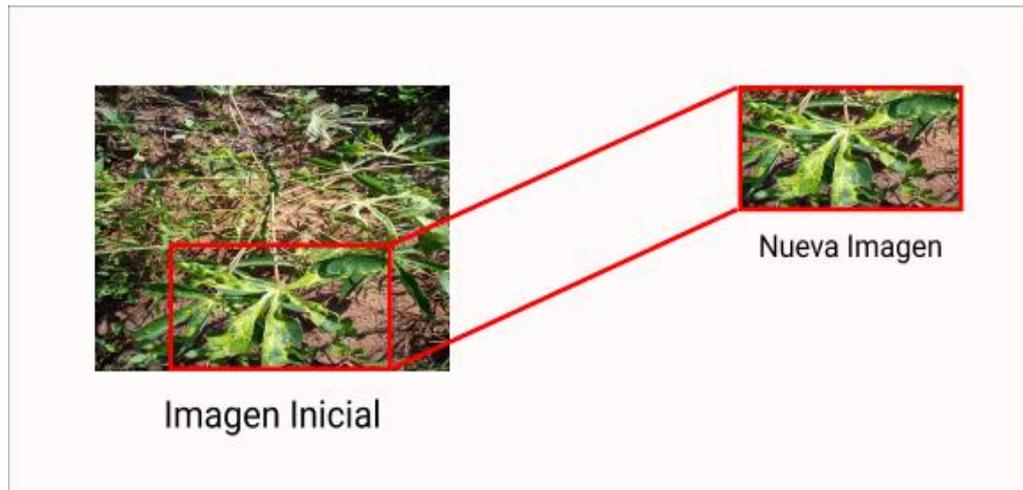
#### Primera entrega

Modelo de Red Neuronal Convolutiva.

#### Preprocesamiento de imágenes

##### Recorte de imágenes

Uno de los fines principales de la investigación es saber si una hoja está o no infectada por la enfermedad, sin embargo, las imágenes obtenidas mostraban más que solo la hoja a la cual se buscaba estudiar, para ello, se ubicó el objeto de estudio en las imágenes para extraerlas, formando así una nueva imagen.



**Figura 18:** Nueva imagen generada ubicando solo la hoja.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Redimensionamiento de las imágenes**

En este punto, tratamos las imágenes de acuerdo a los parámetros que ha sido programada la Red Neuronal Convolutiva. Esta, admite imágenes de 3 dimensiones, de la forma:

$$img.shape = (312, 312, 3)$$

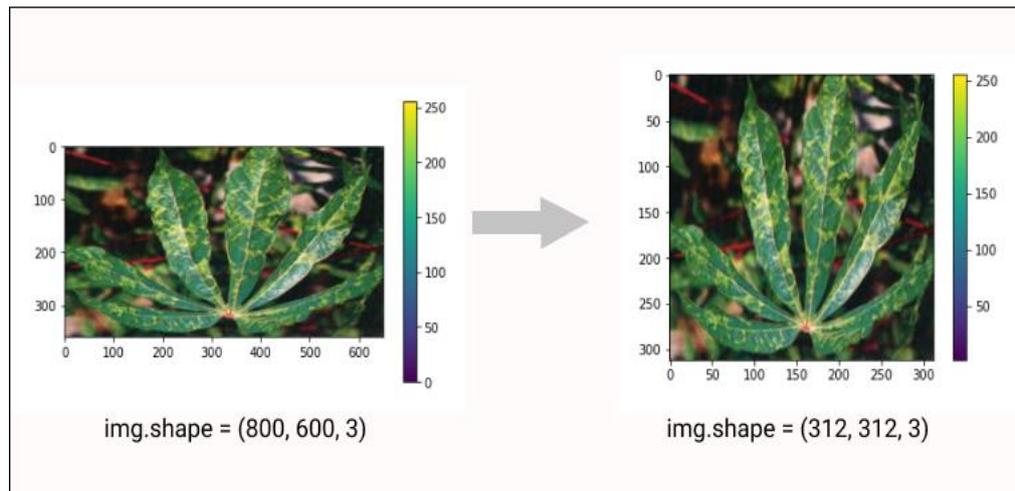
Donde:

312 = Número de píxeles en el eje y.

312 = Número de píxeles en el eje x.

3 = Canales de color (RGB).

Por tanto, debemos redimensionar las imágenes.



**Figura 19:** Redimensionamiento de imagen.

**Fuente:** Elaboración propia.

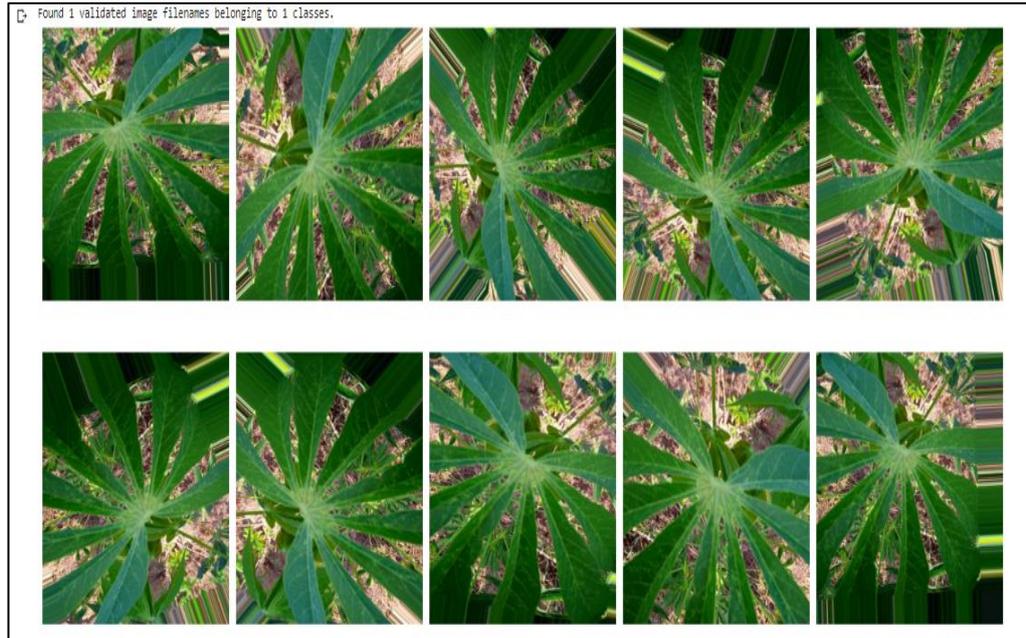
### Aumento Artificial de Datos

Con el fin de que la red tenga los suficientes datos posibles y así nos arroje una predicción más acertada, generamos por cada imagen, nuevas imágenes artificiales alternas con diferentes ángulos.



**Figura 20:** Imagen aleatoria de hoja de yuca.

**Fuente:** Elaboración propia.



**Figura 21:** Imagen aleatoria de yuca después del aumento artificial.

**Fuente:** Elaboración propia.

### Identificación de características

La imagen se llevó a su forma de matriz de 312 x 312 extrayendo los respectivos valores de sus canales R(Red), G(Green), B(Blue), aplicando así, una primera convolución con 32 filtros, estos filtros tuvieron dimensiones de 3 x 3 x 3. Seguido de una capa de agrupamiento (Pooling Layers) de dimensiones 2 x 2 x 3 las cuales ayudaron a reducir el tamaño de la representación matricial para acelerar el cálculo.

Este proceso se ha repetido 6 veces para el caso de esta investigación, variando en cada una de ellas el número de filtros aplicados en cada convolución. Siendo representado el proceso de convolución para la obtención de la matriz resultante por la siguiente ecuación:

$$MR = \frac{n^{[i]} + 2p^{[i]} - f^{[i]}}{s^{[i]}}$$

Donde:

MR = Matriz Resultante

$n^{[i]}$  = dimensiones x e y, de la matriz en la *i-ésima* convolución.

$p^{[i]}$  = Píxeles de relleno en la *i-ésima* convolución.

$f^{[i]}$  = Dimensiones x e y, del filtro aplicado en la *i-ésima* convolución.

$s^{[i]}$  = Número de saltos en la *i-ésima* convolución.

## Algoritmo de optimización y función de activación

### Algoritmo de optimización

Se eligió el Algoritmo ADAM (*Adaptive moment estimation*) como algoritmo de optimización de la Red Neuronal Convolucional, este utiliza momentos adaptativos y además es considerado uno de los algoritmos de optimización más robustos en la actualidad.

El algoritmo Adam combina lo mejor de AdaGrad y RMSProp. Este utiliza la siguiente fórmula para el proceso de optimización:

$$\Delta x = -\frac{n}{\sqrt{\hat{v}(t) + \epsilon}} \hat{m}(t).$$

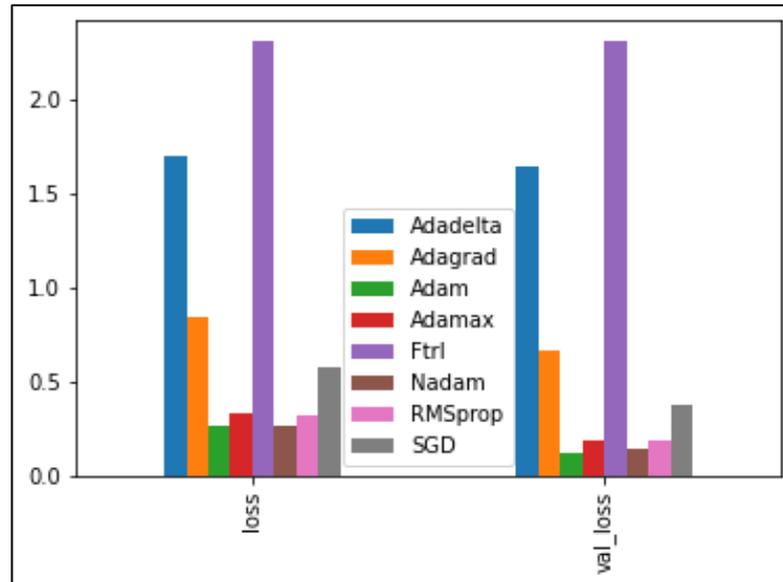
Donde:

$n$  = Es la tasa de aprendizaje inicial.

$\hat{v}(t)$  = Ajusta dinámicamente la tasa de aprendizaje efectiva.

$\epsilon$  = Evita divisiones por 0.

$\hat{m}(t)$  = Ejerce de gradiente.

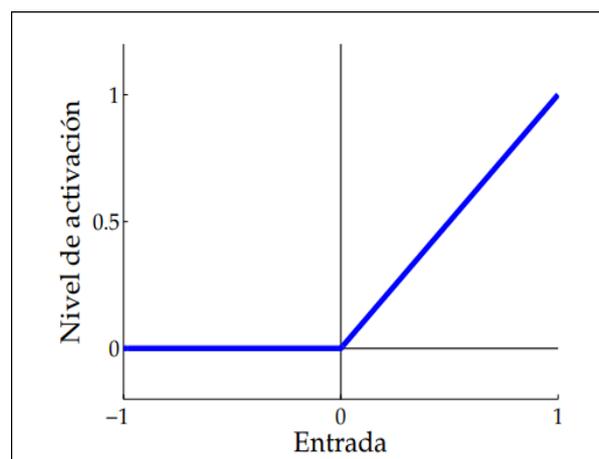


**Figura 22:** Convergencia de los diferentes optimizadores en clasificador CNN multiclase.

**Fuente:** (VELAZCO, 2020)

### Función de activación

La función de activación elegida para la Red Neuronal Convolutiva, es la “Función de Activación Lineal Rectificada” (ReLU). Esta función elimina los valores negativos ingresados y mantendrá a los positivos intactos.

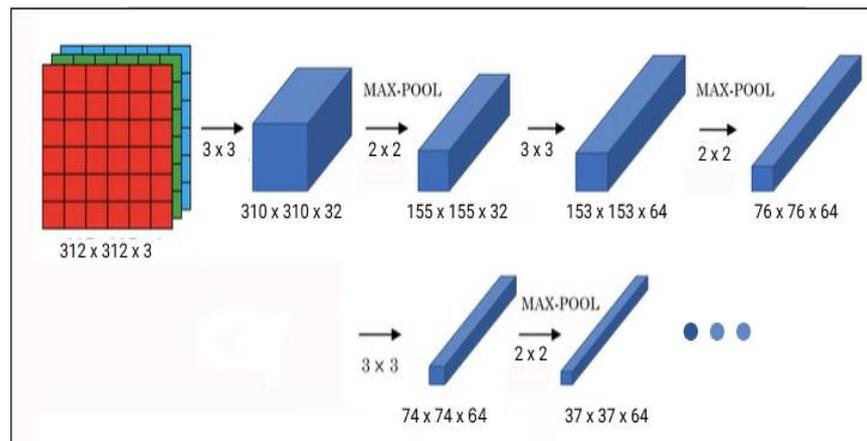


**Figura 23:** Función de activación lineal rectificada, utilizada por las unidades ReLU, muy habituales en Deep Learning.

**Fuente:** (Berzal, 2018).

## Entrenamiento

En esta fase, empezamos con el entrenamiento de nuestro modelo de Red Neuronal Convolutiva, utilizando así imágenes de hojas enfermas, las cuales están conformadas por 1500 para entrenamiento y 200 para validación e imágenes de hojas sanas, las cuales están conformadas por 1500 para entrenamiento y 200 para validación.



**Figura 24:** Modelo de Red Neuronal Convolutiva Utilizada.

**Fuente:** Elaboración propia.

## Interpretación

El modelo de Red Neuronal Convolutiva recibe imágenes de dimensiones  $312 \times 312 \times 3$ , en la primera capa convolutiva tiene 32 filtros de dimensiones  $3 \times 3$  con función de activación ReLU. Luego, le seguirá una capa de agrupamiento con dimensiones de  $2 \times 2$ . En la segunda capa convolutiva tiene 64 filtros de dimensiones  $3 \times 3$  con función de activación ReLU, seguida de una capa de agrupamiento con dimensiones de  $2 \times 2$ . Luego, en la tercera, cuarta, quinta y sexta capa convolutiva tiene 64 filtros de dimensiones  $3 \times 3$  con función de activación ReLU seguida de una capa de agrupamiento con dimensiones de  $2 \times 2$  cada una.

Seguidamente, tiene una capa “dropout” que previene del sobreajuste a nuestro modelo. Finalmente, tiene una capa densa con 512 neuronas, la

cual dará paso a la última capa densa de clasificación con 2 neuronas de salida, las cuales arrojan 0 si está enferma y 1 si está sana.

### **Segunda entrega**

En esta etapa tomamos el modelo ya entrenado, lo guardamos y exportamos para luego transformarlo en un formato que la aplicación móvil pueda entender.

### **Tercera entrega**

En este punto de la codificación desarrollamos los componentes que nos permiten capturar la imagen de la hoja de la yuca utilizando la cámara del teléfono celular y también desarrollamos el componente que nos va a permitir visualizar el resultado de si la hoja está o no infectada.

- Componente CAPTURA DE IMAGEN.



**Figura 25:** componente captura de imagen.

**Fuente:** Elaboración propia.

- Componente MOSTRAR RESULTADO.



**Figura 26:** Componente - mostrar resultado.

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Cuarta entrega**

En este punto de la codificación desarrollamos el componente que nos permitirá guardar un historial de las veces que el usuario ha utilizado la aplicación. El usuario puede listar dichos registros para poder ver las veces que realizó un diagnóstico con la aplicación.

- Componente Registro de uso.



Figura 27: Componente - Registro de uso.

Fuente: Elaboración propia.

## Código Fuente: Red Neuronal Convolutiva – Arquitectura propia

```
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.preprocessing.image import ImageDataGenerator
import os
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

from tensorflow.keras.callbacks import ModelCheckpoint

from glob import glob

import random

from tqdm import tqdm
import cv2
import skimage
import skimage.transform

carpeta_base = "./drive/MyDrive/cassava_final"
carpeta_entrenamiento = os.path.join(carpeta_base, 'train')
carpeta_validacion = os.path.join(carpeta_base, 'valid')

carpeta_entren_healthy = os.path.join(carpeta_entrenamiento, 'healthy')
carp_entren_cgm = os.path.join(carpeta_entrenamiento, 'zcmd')
carpeta_val_healthy = os.path.join(carpeta_validacion, 'healthy')
carpeta_val_cgm = os.path.join(carpeta_validacion, 'zcmd')

num_healthy_entren = len(os.listdir(carpeta_entren_healthy))
num_cgm_entren = len(os.listdir(carp_entren_cgm))
num_healthy_val = len(os.listdir(carpeta_val_healthy))
num_cgm_val = len(os.listdir(carpeta_val_cgm))

total_entrenamiento = num_cgm_entren + num_healthy_entren
total_val = num_cgm_val + num_healthy_val
```

```

TAMANO_LOTE = 100
TAMANO_IMG = 312

#Aumento de datos (escala, rotacion, blabla)
print("Realizando aumento de datos")
image_gen_entrenamiento = ImageDataGenerator(
    rescale=1./255,
    rotation_range=40,
    width_shift_range=0.2,
    height_shift_range=0.2,
    shear_range=0.2,
    zoom_range=0.2,
    horizontal_flip=True,
    fill_mode='nearest')

data_gen_entrenamiento = image_gen_entrenamiento.flow_from_directory(batch_size=TAMANO_LOTE,
                                                                    directory=carpeta_entrenamiento,
                                                                    shuffle=True,
                                                                    target_size=(TAMANO_IMG, TAMANO_IMG),
                                                                    class_mode='binary')

image_gen_val = ImageDataGenerator(rescale=1./255)

data_gen_validacion = image_gen_val.flow_from_directory(batch_size=TAMANO_LOTE,
                                                       directory=carpeta_validacion,
                                                       target_size=(TAMANO_IMG, TAMANO_IMG),
                                                       class_mode='binary')

modelo = tf.keras.models.Sequential([
    tf.keras.layers.Conv2D(32, kernel_size=(3,3), activation='relu',
        input_shape=(312, 312, 3)),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Conv2D(64, kernel_size=(3,3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Conv2D(64, kernel_size=(3,3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),

    tf.keras.layers.Conv2D(64, (3,3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Conv2D(64, (3,3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),
    tf.keras.layers.Conv2D(64, (3,3), activation='relu'),
    tf.keras.layers.MaxPooling2D(2,2),

    tf.keras.layers.Dropout(0.5),
    tf.keras.layers.Flatten(),
    tf.keras.layers.Dense(512, activation='relu'),
    tf.keras.layers.Dense(2)
])

modelo.compile(optimizer='adam',
              loss=tf.keras.losses.SparseCategoricalCrossentropy(from_logits=True),
              metrics=['accuracy'])

epocas=60
history = modelo.fit_generator(
    data_gen_entrenamiento,
    steps_per_epoch=int(np.ceil(total_entrenamiento / float(TAMANO_LOTE))),
    epochs=epocas,
    validation_data=data_gen_validacion,
    validation_steps=int(np.ceil(total_val / float(TAMANO_LOTE)))
)

```

**Figura 28:** Código Fuente CNN.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **4.5.4. Prueba**

Entre las cosas relevantes que tiene la metodología XP, tenemos el proceso de pruebas. Esto nos ayudará a la disminución del tiempo que transcurre entre el brote de una falla y su descubrimiento. Además de incrementar la seguridad y eludir efectos adyacentes no anhelados al momento de hacer una refactorización (Gutierrez et al., 2005).

La finalidad de las pruebas de sistema es por sobre todo comprobar los requisitos que se plantean. Es por ello que son la fuente de información para el sistema en el cual se está trabajando.

#### **Tipos de prueba utilizados.**

##### **Pruebas unitarias.**

Estas Pruebas serán hechas por los programadores testeando el código y verificando que la Aplicación Móvil se comporta de la manera esperada (Gutierrez et al., 2005).

Dichas pruebas se harán con pequeños test a los componentes que integran el sistema, demostrando así que la lógica del código se encuentra en perfecto estado.

##### **Pruebas de aceptación.**

Son pruebas que son esquematizados por el usuario final, estas, nos ayudaran a evaluar si el sistema ha conseguido la funcionalidad requerida al final de cada interacción realizada (Gutierrez et al., 2005).

Para efectuar las pruebas de aceptación en el sistema tomaremos en cuenta dos clases de pruebas de aceptación que son:

- Pruebas de aceptación de Usuario
- Pruebas de aceptación Operativa

**Tabla 30:** Resultado de las pruebas del Sistema.

Iteración	HU	Casos de prueba	Resultado esperado	Resultado
1	HU01	Crear interfaz de bienvenida	Interfaz de bienvenida creada exitosamente	Exitoso
		Crear interfaz de captura de imagen	Interfaz de captura de imagen creada exitosamente	Exitoso
		Crear interfaz de visualizar resultado	Interfaz de visualizar resultado creada exitosamente	Exitoso
		Crear interfaz de registro de uso	Interfaz de registro de uso creada exitosamente	Exitoso
	HU02	Obtener imágenes	Imágenes obtenidas exitosamente	Exitoso
		Redimensionar imágenes	Imágenes redimensionadas exitosamente	Exitoso
		Etiquetar imágenes	Imágenes etiquetadas exitosamente	Exitoso
		Crear Modelo	Modelo creado exitosamente	Exitoso
		Entrenar modelo	Modelo entrenado exitosamente	Exitoso
2	HU03	Obtener imágenes	Imágenes obtenidas exitosamente	Exitoso
		Redimensionar imágenes	Imágenes redimensionadas exitosamente	Exitoso
	HU04	Guardar modelo entrenado	Modelo entrenado guardado exitosamente	Exitoso
		Guardar modelo ejecutable h5	Modelo ejecutable guardado exitosamente	Exitoso
		Obtener modelo ejecutable en el servidor	Modelo ejecutable en servidor obtenido exitosamente	Exitoso
3	HU05	Capturar imagen	Imagen capturada exitosamente	Exitoso
	HU06	Enviar imagen al modelo	Imagen enviada exitosamente	Exitoso
		Clasificar imagen	Imagen clasificada exitosamente	Exitoso
		Mostrar resultado	Resultado mostrado exitosamente	Exitoso
4	HU07	Enviar imagen al modelo	Imagen enviada al modelo exitosamente	Exitoso
		Clasificar imagen	Imagen clasificada exitosamente	Exitoso
		Mostrar resultado	Resultado mostrado exitosamente	Exitoso
		Guardar nuevo historial de uso	Nuevo historial de uso guardado exitosamente	Exitoso
		Obtener historial de uso	Historial de uso obtenido exitosamente	Exitoso
		Listar historial de uso	Historial de uso listado exitosamente	Exitoso

**Fuente:** Elaboración propia.

## **CONCLUSIONES.**

1. Se demostró que hay una diferencia significativa entre la mediana de los resultados conseguidos antes y después de la implementación de un Aplicativo Móvil, para mejorar el proceso de detección de la enfermedad del mosaico, en la asociación civil “Unidos Tres Estrellas”.
2. Se demostró que la media de la exactitud del modelo entrenado para la detección de la enfermedad del mosaico es mayor a 90%.
3. Se demostró que la eficacia del Aplicativo móvil influye significativamente en el diagnóstico de la enfermedad del mosaico en la asociación civil Unidos Tres Estrellas.

## SUGERENCIAS

1. Se sugiere el uso de la aplicación móvil en teléfonos celulares de preferencia de gama media-alta con sistema operativo Android 10 o superior.
2. Se sugiere usar un servidor aparte, para el almacenamiento del Modelo, en lugar de usar el propio Aplicativo móvil, esto para evitar problemas de recalentamiento del dispositivo móvil.
3. Se sugiere utilizar la plataforma de desarrollo “Google Colab”, para el entrenamiento del modelo, en caso no se cuente con el hardware adecuado para esta tarea.
4. Se sugiere que la cámara del dispositivo móvil en el cual se vaya a instalar la aplicación, no este por ningún motivo dañado. Esto para que la imagen la cual va a ser procesada este en la mejor calidad posible.
5. Se sugiere realizar el diagnóstico con el aplicativo móvil durante horas del día, puesto que la luz es muy importante al momento de tomar la fotografía con el aplicativo.
6. Se sugiere utilizar la plataforma de código abierto “Expo” en caso se quiera implementar el Modelo de Red Neuronal Convolutiva del lado del cliente, puesto que ofrece herramientas amplias para la integración del modelo a la aplicación.
7. Se sugiere seguir actualizando la aplicación y la Red Neuronal Convolutiva para así lograr una mejor compatibilidad entre ellos, haciendo así que el sistema mejore su precisión ante entornos en los que no fue entrenado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- ALVAREZ, E. y LLANO, G., 2002. Enfermedades del cultivo de la yuca y métodos de control. *La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Produccion, Procesamiento, Utilizacion y Comercializacion* [en línea]. S.I.: CIAT, CLAYUCA, FENAVI, pp. 130-145. Disponible en: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18093/42812\\_47038.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18093/42812_47038.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- APONTE GÓMEZ, S. y DÁVILA RAMÍREZ, C.A., 2011. *Sistemas operativos móviles: funcionalidades, efectividad y aplicaciones útiles en Colombia* [en línea]. S.I.: s.n. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10882/761>.
- APP & WEB, 2019. Principales tipos de apps: ventajas e inconvenientes. [en línea]. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.appandweb.es/blog/tipos-de-apps/>.
- ARDÓN MUÑOZ, C.D. y MORALES CALDERÓN, B.J., 2021. Clasificación automática de la severidad del Virus del Mosaico Dorado en frijol. *Revista Ciencia Multidisciplinaria CUNORI* [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 1-204. ISSN 2617-474X. DOI 10.36314/cunori.v4i2.144. Disponible en: <https://doi.org/10.36314/cunori.v5i1.151>.
- ARÉVALO, A., 2011. Uso Del Almidón De Yuca Para La Obtención De Alcohol Etilico. *Repo.Uta.Edu.Ec* [en línea], pp. 116. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>.
- ARIAS V., B., VARGAS H., O., REYES Q., J.A., GUERRERO, J.M. y BELLOTTI, A.C., 2002. Insectos y ácaros dañinos a la yuca y su control. *La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Produccion, Procesamiento, Utilizacion y Comercializacion* [en línea]. S.I.: CIAT, CLAYUCA, FENAVI, pp. 160-203. Disponible en: [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18095/42814\\_47040.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18095/42814_47040.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- BECK, K. y ANDRES, C., 2004. *Extreme Programming Explained: Embrace*

- Change* [en línea]. 2. US, Addison Wesley: s.n. ISBN 978-0321278654.  
Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Kent-Beck/dp/0321278658>.
- BELLO, E., 2021. Descubre qué es el Extreme Programming y sus características. [en línea]. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.iebschool.com/blog/que-es-el-xp-programming-agile-scrum/>.
- BENAVIDES, G., 2017. Visión Artificial : La Innovación Disruptiva En La Educación. [en línea], Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12579/4950>.
- BERZAL, F., 2018. *Redes Neuronales & Deep Learning* [en línea]. Independie. S.l.: s.n. ISBN 1731265387. Disponible en: [https://www.amazon.es/gp/product/1731265387/ref=as\\_li\\_qf\\_asin\\_il\\_tl?ie=UTF8&tag=ikor0b-21&creative=24630&linkCode=as2&creativeASIN=1731265387&linkId=b7601cb0b247b8b7df8acd18d96999c3](https://www.amazon.es/gp/product/1731265387/ref=as_li_qf_asin_il_tl?ie=UTF8&tag=ikor0b-21&creative=24630&linkCode=as2&creativeASIN=1731265387&linkId=b7601cb0b247b8b7df8acd18d96999c3).
- BONGIOVANNI, R., MANTOVANI, E.C., BEST, S. y ROEL, A., 2006. Agricultura de precisión : integrando conocimientos para una agricultura moderna y sostenible. *Bte-Cfb-Cd-100* [en línea], pp. 13-22. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/68412>.
- CALLE, F., 2002. Control de malezas en el cultivo de la yuca. *La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Produccion, Procesamiento, Utilizacion y Comercializacion* [en línea]. S.l.: CIAT, CLAYUCA, FENAVI, pp. 126-128. Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18092?locale-attribute=es>.
- CASAS, J., REPULLO, J.R. y DONADO, J., 2003. La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos [The survey as a research technique. Preparation of questionnaires and treatment data statistic]. *Atención Primaria* [en línea], vol. 31, no. 8, pp. 527-538. Disponible en: <https://n9.cl/8c9ru>.
- CASTRO ALVAREZ, G.T., 2015. Universidad nacional de moquegua. , no.

052, pp. 1-18.

- CASTRO SANDOVAL, M.M., 2019. *Identificación de Citrus leprosis virus C en Citrus sinensis mediante redes neuronales convolucionales de imágenes digitales* [en línea]. GUASAVE: s.n. Disponible en: <http://www.cienciasinaloa.ipn.mx:80/jspui/handle/123456789/313>.
- CEBALLOS, H., 2002. La Yuca en Colombia y el Mundo : Nuevas Perspectivas para un Cultivo Milenario. *La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Produccion, Procesamiento, Utilizacion y Comercializacion* [en línea]. S.l.: s.n., pp. 1-13. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/81848/cassava-93f2827a.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- CEBALLOS, H. y DE LA CRUZ, G.A., 2002. Taxonomía y Morfología de la Yuca. *La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Produccion, Procesamiento, Utilizacion y Comercializacion* [en línea]. S.l.: s.n., pp. 15-32. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10568/55239>.
- CEBALLOS, L. y DOMÍNGUEZ, C., 1977. Descripción de las enfermedades de la yuca. *Estudio, Guía D E* [en línea], pp. 36. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/77953/11714.pdf;jsessionid=1A7A32756250D746661A9974C8CC00E6?sequence=1>.
- CORDERO, Z.R.V., 2009. La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación* [en línea], vol. 33, no. 1, pp. 155-165. ISSN 2215-2644. Disponible en: <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/538>.
- CUELLO, J. y VITTONI, J., 2013. *Diseñando apps para móviles* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 978-84-616-5070-5. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books/about/Diseñando\\_apps\\_para\\_móvil.html?id=ATiqsjH1rvwC&printsec=frontcover&source=kp\\_read\\_button&hl=es-419&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books/about/Diseñando_apps_para_móvil.html?id=ATiqsjH1rvwC&printsec=frontcover&source=kp_read_button&hl=es-419&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).
- CUSME ZAMBRANO, K.D. y LOOR PINARGOTE, A.M., 2019. *Aplicación móvil de detección y clasificación de "la roya" en hojas de café robusta*

*mediante aprendizaje automático* [en línea]. Ecuador: s.n. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1104>.

CUYA MARZAL, B.C.M. y RAMOS LUGO, M.G., 2020. *Sistema de control de calidad utilizando redes neuronales para la clasificación del estado de la granadilla* [en línea]. Lima: s.n. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/13854>.

ESTEBAN NIETO, N.T., 2018. Tipos de Investigación. [en línea], pp. 1-4. DOI oai:repositorio.unisdg.edu.pe:USDG/34. Disponible en: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=gskIDR8AAAAJ&pagesize=100&citation\\_for\\_view=gskIDR8AAAAJ:738O\\_yMBCRsC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=gskIDR8AAAAJ&pagesize=100&citation_for_view=gskIDR8AAAAJ:738O_yMBCRsC).

F. LEYVA, L., 2019. Yuca - Qué es, Propiedades, Beneficios, Origen, Tipos, Características. [en línea]. [Consulta: 11 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.tuberculos.org/yuca/>.

FUENTES PLAZA, F.N., 2021. *Visión por computadora para el manejo de plagas y enfermedades en cultivos de papa* [en línea]. Chile: s.n. Disponible en: <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/6716>.

GAD, A.F., 2018. *Practical Computer Vision Applications Using Deep Learning with CNNs*. S.l.: s.n. ISBN 9781484241660.

GARCÍA ALCALÁ, I.S., 2020. Procesamiento digital de imágenes. *Perfiles Educativos*, no. 72. ISSN 0185-2698.

GASPAR GARCIA, J., 2011. METODOS DE RECOLECCION DE DATOS PARA UNA INVESTIGACION. [en línea], pp. 1-12. Disponible en: [http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin03/URL\\_03\\_BAS01.pdf](http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin03/URL_03_BAS01.pdf).

GUILLÉN QUISCA, L.D., 2013. *Prototipo de sistema de administración de contenidos para la implementación y mantenimiento de portales web orientados al e-commerce* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2514>.

- GUTIERREZ, J.J., ESCALONA, M.J., MEJÍAS, M. y TORRES, J., 2005. PRUEBAS DEL SISTEMA EN PROGRAMACIÓN EXTREMA. [en línea], Disponible en:  
[http://www.lsi.us.es/~javierj/investigacion\\_ficheros/PSISEXTREMA.pdf](http://www.lsi.us.es/~javierj/investigacion_ficheros/PSISEXTREMA.pdf).
- Investigación del INIA identifica cinco virus que atacan a la yuca. | Gobierno del Perú. [en línea], 2021. [Consulta: 6 septiembre 2021]. Disponible en:  
<https://www.gob.pe/institucion/pnia/noticias/286324-investigacion-del-inia-identifica-cinco-virus-que-atacan-a-la-yuca>.
- ISO/IEC, 2004. ISO/IEC 9126-4:2004 Software Engineering – Product quality. Part 4: Quality in Use Metrics. ,
- KARL, H.S., 1970. Apuntes sobre la Yuca y -sus Origenes. *Boletín informativo de Antropología* [en línea], pp. 23-27. Disponible en:  
[http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39302477/Apuntes\\_sobre\\_la\\_Yuca.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1490734338&Signature=pTNCSCz%2F1yRD4nWAm%2B5t%2FvWEOjs%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DApuntes\\_sobre\\_la\\_Yu](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/39302477/Apuntes_sobre_la_Yuca.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1490734338&Signature=pTNCSCz%2F1yRD4nWAm%2B5t%2FvWEOjs%3D&response-content-disposition=inline%3Bfilename%3DApuntes_sobre_la_Yu).
- LETELIER, P. y PENADÉS, C., 2006. Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP). [en línea], vol. 5. Disponible en: <http://www.cyta.com.ar/ta0502/v5n2a1.htm>.
- LOPEZ, J., 2002. Semilla Vegetativa de Yuca. *La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Produccion, Procesamiento, Utilizacion y Comercializacion*. S.l.: s.n., pp. 49-75.
- MAIDA, E. y PACIENZIA, J., 2015. Metodologías de desarrollo de software. *Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina* [en línea], pp. 116. Disponible en:  
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/metodologias-desarrollo-software.pdf>.
- MARCILLO JARAMILLO, J.N., 2017. *Desarrollo de una aplicación móvil con promociones y toma de pedidos para servicios de catering*. S.l.: s.n.

- MEJÍA DE TAFUR, M.S., 2002. Fisiología de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *La Yuca en el tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización* [en línea]. S.l.: s.n., pp. 34-45. Disponible en: [https://scholar.google.es/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=ZDncHE8AAAAJ&citation\\_for\\_view=ZDncHE8AAAAJ:r0BpntZqJG4C](https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=ZDncHE8AAAAJ&citation_for_view=ZDncHE8AAAAJ:r0BpntZqJG4C).
- MORALES, R.A., ZOROGASTÚA, P., DE MENDIBURU, F. y QUIROZ, R., 2018. Producción Mecanizada De Maíz, Camote Y Yuca En La Costa Desértica Peruana: Estimación De La Huella De Carbono Y Propuestas De Mitigación Mechanized Production of Maize, Sweet Potato and Cassava in the Peruvian Desert Coast: Estimation of the Carbon Footp. *Ecología Aplicada* [en línea], vol. 17, no. 1. ISSN 1993-9507. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i1.1169>.
- NARCISO HORNA, W.A. y MANZANO RAMOS, E.A., 2021. Sistema de visión artificial basado en redes neuronales convolucionales para la selección de arándanos según estándares de exportación. *Revistas Universidad de San Martín de Porres* [en línea], vol. 26, no. 32, pp. 155-166. ISSN 18126049. DOI 10.24265/campus.2021.v26n32.01. Disponible en: <https://doi.org/10.24265/campus.2021.v26n32.01>.
- PEREYRA, M.E., 2020. *Detección de enfermedades en cultivos mediante Machine Learning*. S.l.: s.n.
- PÉREZ, A., 2017. ¿Cuáles son los tipos de aplicaciones móviles? - 480 Cuatroochenta. [en línea]. [Consulta: 11 octubre 2021]. Disponible en: <https://cuatroochenta.com/cuales-son-los-tipos-de-aplicaciones/>.
- PRESSMAN, R.S., 2010. *Ingeniería de Software un enfoque práctico*. 7. S.l.: s.n. ISBN 9786071503145.
- RAMOS DIAZ, J.V.E., 2020. *Algoritmo integrado con Inteligencia Artificial apoyado en mano robótica para el reconocimiento de la madurez del tomate*. [en línea]. S.l.: Universidad Peruana Union. Disponible en: <papers2://publication/uuid/45D7E632-B571-4218-9E47-8B4457FEA9D3>.

- ROUHIAINEN, L., 2018. *Inteligencia artificial: 101 cosas que debes saber hoy sobre nuestro futuro* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9788417568085.  
Disponible en:  
[https://planetadelibrosar0.cdnstatics.com/libros\\_contenido\\_extra/40/39307\\_Inteligencia\\_artificial.pdf](https://planetadelibrosar0.cdnstatics.com/libros_contenido_extra/40/39307_Inteligencia_artificial.pdf).
- SAMPIERI HERNANDEZ, R., COLLADO FERNANDEZ, C. y BAPTISTA LUCIO, P., 2014. *Metodología de la investigación*. 6. Mexico: s.n. ISBN 9780415475976.
- SENASA, 2020. Madre de Dios: MINAGRI articuló acciones para controlar plagas en cultivos de Yuca. [en línea]. Disponible en:  
<https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/madre-de-dios-minagri-articulo-acciones-para-controlar-plagas-en-cultivos-de-yuca/>.
- SINGH, P. y MANURE, A., 2020. *Learn TensorFlow 2.0: Implement Machine Learning and Deep Learning Models with Python*. S.l.: s.n. ISBN 9781484255605.
- SOMMERVILLE, I., 2005. *INGENIERIA DEL SOFTWARE. Séptima edición* [en línea]. 2005. S.l.: s.n. ISBN 8478290745. Disponible en:  
[http://danielr.obolog.es/ingenieria-software-355416%5Cnhttp://fondoeditorial.uneg.edu.ve/citeg/numeros/c02/c02\\_art10.pdf](http://danielr.obolog.es/ingenieria-software-355416%5Cnhttp://fondoeditorial.uneg.edu.ve/citeg/numeros/c02/c02_art10.pdf).
- VELAZCO, L., 2020. Optimizadores en redes neuronales profundas: un enfoque práctico. *Medium* [en línea]. [Consulta: 24 febrero 2022].  
Disponible en: <https://velascoluis.medium.com/optimizadores-en-redes-neuronales-profundas-un-enfoque-practico-819b39a3eb5>.

**ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿De qué manera el Aplicativo Móvil, que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, mejorará el proceso de detección de la enfermedad del mosaico, en la asociación civil Unidos Tres Estrellas?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Con qué exactitud el modelo de Red Neuronal Convolutiva entrenado detecta...</li> </ul>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Implementar un Aplicativo Móvil que utilice una Red Neuronal Convolutiva, para mejorar el proceso de detección de la enfermedad del mosaico, en la asociación civil Unidos Tres Estrellas.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar el nivel de exactitud del modelo de Red Neuronal Convolutiva entrenado en la detección de la enfermedad del mosaico</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La implementación de un Aplicativo Móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, mejorará el proceso de detección de la enfermedad del mosaico, en la asociación civil Unidos Tres Estrellas.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El nivel de exactitud del modelo de Red Neuronal Convolutiva entrenado es adecuado para la detección de la enfermedad del mosaico en la asociación</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Aplicativo móvil.</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p>Calidad del Software</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Funcionalidad</li> <li>-Usabilidad</li> <li>-Eficiencia</li> <li>-Portabilidad</li> </ul> <p><b>Variable Interviniente:</b></p> <p>Red Neuronal Convolutiva.</p> <p><b>Dimensiones:</b></p> <p>Eficacia de la red</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Pérdida (Loss)</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>Aplicada</p> <p><b>Diseño de Investigación</b></p> <p>Pre-experimental de pretest-posttest con un grupo.</p> <p><b>Nivel de Investigación.</b></p> <p>Descriptivo</p>

<p>tara la enfermedad del mosaico en la asociación civil Unidos Tres Estrellas?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De qué manera la Aplicación Móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, mejorara la eficiencia del diagnóstico de la enfermedad del mosaico en la asociación civil Unidos Tres Estrellas?</li> </ul>	<p>en la asociación civil Unidos Tres Estrellas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar una aplicación móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva para mejorar la eficiencia del diagnóstico de la enfermedad del mosaico en la asociación civil Unidos Tres Estrellas.</li> </ul>	<p>civil Unidos Tres Estrellas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La implementación de un Aplicativo Móvil que utiliza una Red Neuronal Convolutiva, mejora la eficacia del diagnóstico de la enfermedad del mosaico en la asociación civil Unidos Tres Estrellas.</li> </ul>	<p>-Exactitud (Accuracy)</p> <p><b>Variable Dependiente:</b> Detección de la enfermedad del mosaico.</p> <p><b>Dimensiones:</b> Gestión de incidencias.</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo promedio en detectar la enfermedad.</li> <li>• Tiempo promedio en guardar registros de diagnóstico.</li> <li>• Exactitud del diagnóstico de la enfermedad.</li> </ul>	<p><b>Métodos de recolección de datos.</b></p> <p>-Encuestas -muestreo sistemático de grilla</p> <p><b>Instrumentos de Recolección de datos</b></p> <p>-Cuestionarios</p>
--	--	--	--	---

**ANEXO 2: INSTRUMENTOS.**  
**INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

**i. En función de la Variable independiente**

**a. Tipo de Instrumento:** Encuesta.

**b. Objetivo:** Recopilar datos acerca de la aplicación móvil en la función que tiene de diagnosticar una hoja de Yuca.

**c. Dirigido a:**

- Agricultores y socios de la asociación civil “UNIDOS TRES ESTRELLAS”.

**d. Indicadores:**

Es necesario que conteste las preguntas con mayor sinceridad posible. Tomando en consideración la siguiente escala.

1	2	3	4	5
Muy Malo	Malo	Regular	Bueno	Muy Bueno

ENCUESTA: Con respecto a la variable Independiente.

FUNCIONALIDAD			1	2	3	4	5
P1	Idoneidad	¿El sistema realiza los cometidos para el que fue diseñado?					
P2	Precisión	¿El sistema brinda los resultados esperados?					
USABILIDAD			1	2	3	4	5
P3	Aprendizaje	¿El sistema es fácil de usar?					
P4	Comprensión	¿Es fácil comprender el funcionamiento del sistema?					
P5	Atractividad	¿La apariencia del sistema le parece atractiva?					
EFICIENCIA			1	2	3	4	5

P6	Comportamiento en el tiempo	¿Es el sistema rápido para realizar el diagnóstico de una hoja de Yuca?																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy lento</td> <td>lento</td> <td>Regular</td> <td>Rápido</td> <td>Muy Rápido</td> </tr> <tr> <td>De 4 min a mas</td> <td>De 3 min a 4 min</td> <td>D 2 min a 3 min</td> <td>De 1 min a 2 min</td> <td>Menos de 1 minuto</td> </tr> </tbody> </table>	1	2	3	4	5	Muy lento	lento	Regular	Rápido	Muy Rápido	De 4 min a mas	De 3 min a 4 min	D 2 min a 3 min	De 1 min a 2 min	Menos de 1 minuto					
		1	2	3	4	5																
		Muy lento	lento	Regular	Rápido	Muy Rápido																
De 4 min a mas	De 3 min a 4 min	D 2 min a 3 min	De 1 min a 2 min	Menos de 1 minuto																		
P7	Comportamiento de recursos	¿Qué tan rápido es el sistema para realizar registros de uso del usuario?																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy lento</td> <td>lento</td> <td>Regular</td> <td>Rápido</td> <td>Muy Rápido</td> </tr> <tr> <td>De 4 min a mas</td> <td>De 3 min a 4 min</td> <td>D 2 min a 3 min</td> <td>De 1 min a 2 min</td> <td>Menos de 1 minuto</td> </tr> </tbody> </table>	1	2	3	4	5	Muy lento	lento	Regular	Rápido	Muy Rápido	De 4 min a mas	De 3 min a 4 min	D 2 min a 3 min	De 1 min a 2 min	Menos de 1 minuto					
		1	2	3	4	5																
		Muy lento	lento	Regular	Rápido	Muy Rápido																
De 4 min a mas	De 3 min a 4 min	D 2 min a 3 min	De 1 min a 2 min	Menos de 1 minuto																		
¿Qué tan eficiente es el sistema al hacer uso de la cámara del teléfono celular?																						
¿Qué tan eficiente es el sistema para realizar el diagnóstico de una hoja de Yuca?																						
<b>PORTABILIDAD</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>															
P8	Capacidad de instalación	¿Qué tan fácil es la instalación del sistema?																				

## ii. En función de la Variable dependiente

e. **Tipo de Instrumento:** Encuesta.

f. **Objetivo:** Recopilar opiniones acerca de la aplicación móvil en la función que tiene de diagnosticar una hoja de Yuca.

g. **Dirigido a:**

- Agricultores y socios de la asociación civil “UNIDOS TRES ESTRELLAS”.



					- 90%							

**ANEXO 3: CONSTANCIA.**

# CONSTANCIA

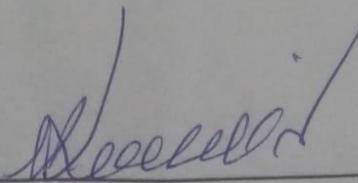
El presidente de la asociación Unidos Tres Estrellas, que suscribe:

## HACE CONSTAR

Que los bachilleres: DIAZ HOLGADO, Romario, identificado con DNI N° 74305730 y VILCAS VILLALBA, Denis Ricardo identificado con DNI N° 71632670, han trabajado en conjunto con la asociación haciéndonos partícipes de la prueba del proyecto de tesis "APLICATIVO MOVIL PARA LA DETECCION DE LA ENFERMEDAD DEL MOSAICO COMÚN EN LA YUCA (*MANIHOT ESCULENTA*) UTILIZANDO REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES, 2021" realizado en el mes de febrero del presente año.

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para los fines que estima conveniente.

Puerto Maldonado, 15 de marzo del 2022



Italo Oswaldo Abuid Pereyra

DNI: 40719769

## ANEXO 4: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS.

## VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

## I. DATOS GENERALES:

Título del trabajo de investigación:

"APLICATIVO MOVIL PARA LA DETECCION DE LA ENFERMEDAD DEL MOSAICO EN LA YUCA (MANIHOT ESCULENTA) UTILIZANDO REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES, 2021"

Nombre del instrumento: Cuestionario acerca de la calidad de software y el proceso de detección de la enfermedad del mosaico en la asociación civil Unidos Tres Estrellas.

Investigadores: Romario Díaz Holgado y Denis Ricardo Vilcas Villalba

## II. DATOS DEL EXPERTO:

Nombre y Apellidos:

*Dany Carlos Torres Peña*

Lugar y Fecha:

*Sancti Spiritus, 06 de Junio del 2022*

## III. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

## 1. FORMA: (Ortografía, coherencia lingüística, redacción)

*Correcta*

## 2. CONTENIDO: (Coherencia en torno al instrumento. Si el indicador corresponde a los ítems y dimensiones)

*Correcta*

## 3. ESTRUCTURA: (Profundidad de los ítems)

*Correcta*

## IV. APORTE Y/O SUGERENCIAS:

*Menos preguntas en el cuestionario*

LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:

Procede su aplicación



Debe revisarse



Firma de experto

*41639193*

VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

I. DATOS GENERALES:

Título del trabajo de investigación:

"APLICATIVO MOVIL PARA LA DETECCION DE LA ENFERMEDAD DEL MOSAICO EN LA YUCA (MANIHOT ESCULENTA) UTILIZANDO REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES, 2021"

Nombre del instrumento: Cuestionario acerca de la calidad de software y el proceso de detección de la enfermedad del mosaico en la asociación civil Unidos Tres Estrellas.

Investigadores: Romario Diaz Holgado y Denis Ricardo Vilcas Villalba

II. DATOS DEL EXPERTO:

Nombre y Apellidos:

Nelly Jacqueline Ulba Gallardo

Lugar y Fecha:

Puerto Maldonado 07 de junio de 2022

III. OBSERVACIONES EN CUANTO A:

1. FORMA: (Ortografía, coherencia lingüística, redacción)

Ninguna

2. CONTENIDO: (Coherencia en torno al instrumento. Si el indicador corresponde a los ítems y dimensiones)

Ninguna

3. ESTRUCTURA: (Profundidad de los ítems)

Ninguna

IV. APOORTE Y/O SUGERENCIAS:

Es Adecuado

LUEGO DE REVISAR EL INSTRUMENTO:

Procede su aplicación:

Debe revisarse:

*[Firma manuscrita]*

Firma de experto

28168848

## ANEXO 5: RESULTADOS DE ENTRENAMIENTO DE LA RED NEURONAL.

```

Epoch 1/60
30/30 [=====] - 749s 25s/step - loss:
0.6735 - accuracy: 0.6810 - val_loss: 0.7626 - val_accuracy:
0.7800
Epoch 2/60
30/30 [=====] - 88s 3s/step - loss:
0.5786 - accuracy: 0.7843 - val_loss: 0.5680 - val_accuracy:
0.8000
Epoch 3/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.5160 - accuracy: 0.8537 - val_loss: 0.4933 - val_accuracy:
0.9175
Epoch 4/60
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.4817 - accuracy: 0.8750 - val_loss: 0.5394 - val_accuracy:
0.9250
Epoch 5/60
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.5144 - accuracy: 0.9550 - val_loss: 0.4214 - val_accuracy:
0.9200
Epoch 6/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.3748 - accuracy: 0.9440 - val_loss: 0.3202 - val_accuracy:
0.9625
Epoch 7/60
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.3548 - accuracy: 0.9480 - val_loss: 0.2916 - val_accuracy:
0.9225
Epoch 8/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.3326 - accuracy: 0.9660 - val_loss: 0.2667 - val_accuracy:
0.9375
Epoch 9/60
30/30 [=====] - 87s 3s/step - loss:
0.2977 - accuracy: 0.8747 - val_loss: 0.2408 - val_accuracy:
0.9100
Epoch 10/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.2962 - accuracy: 0.9777 - val_loss: 0.2867 - val_accuracy:
0.9875
Epoch 11/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.2727 - accuracy: 0.9870 - val_loss: 0.1917 - val_accuracy:
0.9425
Epoch 12/60
30/30 [=====] - 87s 3s/step - loss:
0.2223 - accuracy: 0.9450 - val_loss: 0.1888 - val_accuracy:
0.9700
Epoch 13/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.2221 - accuracy: 0.9100 - val_loss: 0.2093 - val_accuracy:
0.9200
Epoch 14/60

```

---

```
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.2168 - accuracy: 0.9620 - val_loss: 0.2910 - val_accuracy:
0.9725
Epoch 15/60
30/30 [=====] - 87s 3s/step - loss:
0.2131 - accuracy: 0.9563 - val_loss: 0.2499 - val_accuracy:
0.9425
Epoch 16/60
30/30 [=====] - 84s 3s/step - loss:
0.1995 - accuracy: 0.9200 - val_loss: 0.1734 - val_accuracy:
0.9375
Epoch 17/60
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.2312 - accuracy: 0.9373 - val_loss: 0.1774 - val_accuracy:
0.9575
Epoch 18/60
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.1938 - accuracy: 0.9480 - val_loss: 0.1917 - val_accuracy:
0.9450
Epoch 19/60
30/30 [=====] - 84s 3s/step - loss:
0.1780 - accuracy: 0.9543 - val_loss: 0.1760 - val_accuracy:
0.9625
Epoch 20/60
30/30 [=====] - 88s 3s/step - loss:
0.1941 - accuracy: 0.9743 - val_loss: 0.1976 - val_accuracy:
0.9725
Epoch 21/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.1945 - accuracy: 0.9557 - val_loss: 0.1912 - val_accuracy:
0.9325
Epoch 22/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.1651 - accuracy: 0.9357 - val_loss: 0.1673 - val_accuracy:
0.9325
Epoch 23/60
30/30 [=====] - 87s 3s/step - loss:
0.1653 - accuracy: 0.9300 - val_loss: 0.1536 - val_accuracy:
0.9425
Epoch 24/60
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.1673 - accuracy: 0.9370 - val_loss: 0.2375 - val_accuracy:
0.9200
Epoch 25/60
30/30 [=====] - 84s 3s/step - loss:
0.1459 - accuracy: 0.9747 - val_loss: 0.1886 - val_accuracy:
0.9625
Epoch 26/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.1407 - accuracy: 0.9470 - val_loss: 0.1464 - val_accuracy:
0.9325
Epoch 27/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.1803 - accuracy: 0.9263 - val_loss: 0.1941 - val_accuracy:
0.9225
Epoch 28/60
```

---

```
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.1404 - accuracy: 0.9460 - val_loss: 0.1409 - val_accuracy:
0.9400
Epoch 29/60
30/30 [=====] - 84s 3s/step - loss:
0.1199 - accuracy: 0.9553 - val_loss: 0.1323 - val_accuracy:
0.9400
Epoch 30/60
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.1169 - accuracy: 0.9540 - val_loss: 0.1564 - val_accuracy:
0.9400
Epoch 31/60
30/30 [=====] - 84s 3s/step - loss:
0.1638 - accuracy: 0.9343 - val_loss: 0.1589 - val_accuracy:
0.9475
Epoch 32/60
30/30 [=====] - 87s 3s/step - loss:
0.1343 - accuracy: 0.9520 - val_loss: 0.1319 - val_accuracy:
0.9525
Epoch 33/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.1379 - accuracy: 0.9487 - val_loss: 0.1379 - val_accuracy:
0.9450
Epoch 34/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.1580 - accuracy: 0.9343 - val_loss: 0.1286 - val_accuracy:
0.9450
Epoch 35/60
30/30 [=====] - 87s 3s/step - loss:
0.1276 - accuracy: 0.9527 - val_loss: 0.1400 - val_accuracy:
0.9500
Epoch 36/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.1162 - accuracy: 0.9597 - val_loss: 0.1131 - val_accuracy:
0.9500
Epoch 37/60
30/30 [=====] - 87s 3s/step - loss:
0.1090 - accuracy: 0.9617 - val_loss: 0.1322 - val_accuracy:
0.9550
Epoch 38/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.1123 - accuracy: 0.9577 - val_loss: 0.1131 - val_accuracy:
0.9625
Epoch 39/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.1501 - accuracy: 0.9407 - val_loss: 0.1246 - val_accuracy:
0.9525
Epoch 40/60
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.1351 - accuracy: 0.9440 - val_loss: 0.1098 - val_accuracy:
0.9475
Epoch 41/60
30/30 [=====] - 83s 3s/step - loss:
0.1102 - accuracy: 0.9617 - val_loss: 0.1503 - val_accuracy:
0.9500
Epoch 42/60
```

---

```
30/30 [=====] - 84s 3s/step - loss:
0.1115 - accuracy: 0.9573 - val_loss: 0.1038 - val_accuracy:
0.9575
Epoch 43/60
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.1039 - accuracy: 0.9640 - val_loss: 0.1260 - val_accuracy:
0.9525
Epoch 44/60
30/30 [=====] - 87s 3s/step - loss:
0.0997 - accuracy: 0.9610 - val_loss: 0.2108 - val_accuracy:
0.9375
Epoch 45/60
30/30 [=====] - 86s 3s/step - loss:
0.1019 - accuracy: 0.9600 - val_loss: 0.1159 - val_accuracy:
0.9550
Epoch 46/60
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.1035 - accuracy: 0.9637 - val_loss: 0.1806 - val_accuracy:
0.9400
Epoch 47/60
30/30 [=====] - 85s 3s/step - loss:
0.1072 - accuracy: 0.9620 - val_loss: 0.1550 - val_accuracy:
0.9525
Epoch 48/60
30/30 [=====] - 84s 3s/step - loss:
0.0962 - accuracy: 0.9747 - val_loss: 0.2732 - val_accuracy:
0.9825
Epoch 49/60
30/30 [=====] - 84s 3s/step - loss:
0.1359 - accuracy: 0.9470 - val_loss: 0.1225 - val_accuracy:
0.9500
Epoch 50/60
30/30 [=====] - 84s 3s/step - loss:
0.1134 - accuracy: 0.9857 - val_loss: 0.1853 - val_accuracy:
0.9850
Epoch 51/60
30/30 [=====] - 84s 3s/step - loss:
0.1416 - accuracy: 0.9447 - val_loss: 0.1822 - val_accuracy:
0.9325
Epoch 52/60
30/30 [=====] - 83s 3s/step - loss:
0.1066 - accuracy: 0.9587 - val_loss: 0.1230 - val_accuracy:
0.9550
Epoch 53/60
30/30 [=====] - 83s 3s/step - loss:
0.1109 - accuracy: 0.9597 - val_loss: 0.1070 - val_accuracy:
0.9600
Epoch 54/60
30/30 [=====] - 83s 3s/step - loss:
0.1054 - accuracy: 0.9580 - val_loss: 0.1016 - val_accuracy:
0.9600
Epoch 55/60
30/30 [=====] - 82s 3s/step - loss:
0.0964 - accuracy: 0.9650 - val_loss: 0.1172 - val_accuracy:
0.9500
Epoch 56/60
```

---

```
30/30 [=====] - 82s 3s/step - loss:
0.0956 - accuracy: 0.9640 - val_loss: 0.1886 - val_accuracy:
0.9350
Epoch 57/60
30/30 [=====] - 83s 3s/step - loss:
0.1014 - accuracy: 0.9657 - val_loss: 0.1269 - val_accuracy:
0.9500
Epoch 58/60
30/30 [=====] - 83s 3s/step - loss:
0.0895 - accuracy: 0.9703 - val_loss: 0.1283 - val_accuracy:
0.9475
Epoch 59/60
30/30 [=====] - 82s 3s/step - loss:
0.0951 - accuracy: 0.9757 - val_loss: 0.2072 - val_accuracy:
0.9785
Epoch 60/60
30/30 [=====] - 82s 3s/step - loss:
0.0968 - accuracy: 0.9853 - val_loss: 0.1165 - val_accuracy:
0.9800
¡Modelo entrenado!
```

**ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO**





