



TECNOLOGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC

DIVISION DE INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

**SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL
PARA DETECTAR EL USO ADECUADO DE CUBREBOCAS**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

P R E S E N T A N:

**DOSAL FLORES ISIS ESTEFANIE
GONZALEZ HERNANDEZ CARLOS IVAN**

**DIRECTOR: M. en A.D.N. JUAN MANUEL STEIN CARRILLO
CODIRECTOR: DR. FRANCISCO JACOB AVILA CAMACHO
REVISOR: DR. ADOLFO MELENDEZ RAMIREZ**

ECATEPEC DE MORELOS, EDO. DE MÉXICO, 19 DE OCTUBRE DE 2022.



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

DICTAMEN DE LIBERACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE
REQUISITOS ACADÉMICOS PARA TITULACIÓN

FD-TESE-DA-78
TITOS



DIRECCIÓN ACADÉMICA
DIVISIÓN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

YES_PRF-20211-003
03 DE OCTUBRE 2022

Datos generales

Nombre del egresado: DOSAL FLORES ISIS ESTEFANIE
Apellido paterno Apellido materno Nombres (s)
Matrícula: 201610739 Teléfono: 55-2603-2986 Móvil: 55-7668-4172 Correo Electrónico: ldgspl.flores@gmail.com 201610739@ttese.edu.mx

Opción de titulación: **TESIS PROFESIONAL**
Únicamente en las opciones I, II, VII y X

PROYECTO: **SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA DETECTAR EL USO ADECUADO DE CUBREBOCAS**

ASESOR (ES): **M. EN A.D.N. JUAN MANUEL STEIN CARRILLO, DR. FRANCISCO JACOB ÁVILA CAMACHO, DR. ADOLFO MELÉNDEZ RAMÍREZ**

Dictamen:

Con base en la solicitud de opción de titulación No. (1) correspondiente al periodo escolar (2022 - 1), presentada por el alumno de referencia en fecha 10 DE SEPTIEMBRE DEL 2021 y después de haber sido desarrolladas las actividades requeridas en dicha opción, el Consejo Académico Divisional, conformado por los integrantes que firman al calca, ha determinado que Si (X) NO () han sido cubiertos en su totalidad los requisitos que permitan a esta División Académica liberar al alumno de los trámites académicos para tal efecto e iniciar el trámite de titulación en la Unidad de Registro y Certificación de este Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

Observaciones:

Consejo Académico Divisional

M. EN C. IRVING GARCÍA PÉCOER GUILLERMO Presidente de la Academia de Ciencias Básicas	U.C. MARIA BEBECA GARCÍA PONCE Presidenta de la Academia de Ciencias Sociales
M. EN D. DULCE ANGELO FLORES NUÑEZ Presidenta de la Academia de Ciencias Económico Administrativas	M. EN C. ROSA MARÍA HERNÁNDEZ ROJAS Presidenta de la Academia de Ciencias de la Ingeniería
I.S.C. FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ BARAJAS Presidente de la Academia de Diseño de la Ingeniería	M. EN C. XÓCHITL RAQUEL WONG COHEN Academia de Ingeniería Aplicada

TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ECATEPEC
LICENCIATURA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES
DIRECCIÓN ACADÉMICA

Elaboró:	Revisó y Visto Bueno
M. EN C. MERCEDES FLORES FLORES SECRETARIO DEL CONSEJO ACADÉMICO DIVISIONAL	ING. JOSÉ LUIS CHÁVEZ ROJAS ENCARGADO DE LA DIVISIÓN ISC

 <p>GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO</p>	<p>DICTAMEN DE LIBERACIÓN Y CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS ACADÉMICOS PARA TITULACIÓN</p> <p>FO-TESE-DA-78</p> <p>TÍTOS</p>	
--	---	---

DIRECCIÓN ACADÉMICA
DIVISIÓN INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

TES_PRF-20221-004
03 DE OCTUBRE 2022

Datos generales

Nombre del egresado: GONZÁLEZ HERNÁNDEZ CARLOS IVAN
 Apellido paterno Apellido materno Nombres (s)

Matrícula: 201627805 Teléfono: 55-1562-0179 Móvil: 55-1480-9812 Correo Electrónico: ivan.g95@hotmail.com 201627805@tese.cftu.mx

Opción de titulación: **TESIS PROFESIONAL**
Únicamente en las opciones I, II, VII y X

PROYECTO: **SISTEMA DE RECONOCIMIENTO FACIAL PARA DETECTAR EL USO ADECUADO DE CUBREBOCAS**

ASESOR (ES): **M. EN A.D.N. JUAN MANUEL STEIN CARRILLO, DR. FRANCISCO JACOB ÁVILA CAMACHO, DR. ADOLFO MELÉNDEZ RAMÍREZ**

Dictamen:

Con base en la solicitud de opción de titulación No. [1] correspondiente al periodo escolar (2022 - 1), presentada por el alumno de referencia en fecha 10 DE SEPTIEMBRE DEL 2021 y después de haber sido desarrolladas las actividades requeridas en dicha opción, el Consejo Académico Divisional, conformado por los Integrantes que firman al calce, ha determinado que SI (X) NO () han sido cubiertos en su totalidad los requisitos que permitan a esta División Académica liberar al alumno de los trámites académicos para tal efecto e iniciar el trámite de titulación en la Unidad de Registro y Certificación de este Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec.

Observaciones:

Consejo Académico Divisional	
M. EN C. IRVING CARBONELL PÉREZ GUILLERMO Presidente de la Academia de Ciencias Básicas	LIC. MARÍA REBECA GARCÍA PONCE Presidente de la Academia de Ciencias-Sociales
M. EN D. DULCE ANIBAL FLORES NUÑEZ Presidenta de la Academia de Ciencias Económico Administrativas	M. EN C. ROSA MARÍA HERNÁNDEZ ROJAS Presidente de la Academia de Ciencias de la Ingeniería
I.S.C. FRANCISCO JAVIER HERNÁNDEZ BARAJAS Presidente de la Academia de Diseño de la Ingeniería	M. EN C. XÓCHITL RAQUEL WONG COHEN Academia de Ingeniería Aplicada

Elaboró:	Revisó y Visto Bueno:
M. EN C. MERCEDES FLORES FLORES SECRETARIO DEL CONSEJO ACADÉMICO DIVISIONAL	ING. JOSÉ LUIS CHÁVIZ ROJAS ENCARGADO DE LA DIVISIÓN ISC

DEDICATORIAS

Para mi Madre:

Por todas los ánimos y palabras de aliento que me brindaste. Por todas y cada una de las tazas de café que me has dado, y por todo el esfuerzo que hiciste a lo largo de mi vida para conseguirme un mejor futuro.

A mi padre:

Porque estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento será tan especial para ti como lo es para mí.

A mi hermano:

Por siempre ser un guía y una luz en mi vida que me muestra el camino a seguir. Por tu cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso y por las pláticas y los consejos tan sabios que me has brindado desde niños. Gracias.

A mi tía Teresa Flores:

Por estar siempre apoyándome en diferentes etapas de mi vida.

A mi Asesor y apreciado profesor Juan Manuel Stein Carrillo:

Porque desde el primer momento me brindó su amistad, su bondad, y fue de gran apoyo en momentos en que mi vida pasaba por momentos de oscuridad. ¡Gracias por siempre creer en mí!

Y para mí:

Por seguir creyendo en mí misma, por atreverme a iniciar este proceso y por esforzarme por terminarlo.

Isis E.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Por ser las personas que me han dado todo lo necesario para poder avanzar a través de todas las etapas de mi vida, por darme todas las oportunidades y por hacer lo imposible por verme conseguir un mejor futuro.

A mis hermanas:

Porque estando cerca o a la distancia me alentaron y me ayudaron a continuar con todos los obstáculos que se me presentaron.

A mi asesor el profesor Juan Manuel Stein Carrillo:

Porque a pesar de no haber coincidido como su alumno directamente, me apoyo, enseñó y alentó en la última parte de mi carrera y volverse una persona apreciada para mí.

Carlos Ivan G

AGRADECIMIENTOS

En estas líneas quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para ustedes. A mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo gracias infinitas por la paciencia que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas, otras locas. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano

A mi hermano por llenarme de orgullo, por todos los consejos brindados, por compartir horas y horas de pláticas y risas.

A mis amigos. Con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas. Aquellos amigos del colegio, que se convierten en amigos de vida y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo su apoyo y diversión.

No puedo dejar de agradecerte especialmente a ti Ivan, mi compañero fiel de Universidad, de tesis y ahora de corazón y vida.

Isis E.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todas las personas que me ayudaron a llegar hasta el final de esta etapa de mi vida, todos los docentes de los que aprendí, todos los compañeros y amigos que conocí, que me enseñaron y que me apoyaron, personas con quienes compartí no solo salones de clases, compartí risas, emociones e incluso problemas personales que enfrentamos juntos.

Agradezco a mis padres por todo el sacrificio que hicieron para poder terminar cada año escolar desde niño hasta el final de mi carrera, agradezco por todo el amor y apoyo que siempre me han brindado y poder sentir que yo siempre contare con ustedes, no hay una forma de poder explicarles todo el amor que les tengo, gracias por dejarme elegir que profesión tener para mi futuro, por todos los regaños y correcciones para no perder mi camino y por todas las desveladas en que me ayudaron a terminar una tarea, un proyecto o una maqueta, sin ustedes yo no sería quien soy ni buscaría ser una mejor persona cada día.

Agradezco a mi hermanita Tania, que fue una gran maestra para mí durante toda mi vida, desde tener un buen gusto en programas de televisión hasta enseñarme y ayudarme a hacer un cartel escolar, también hiciste sacrificios para que yo lograra terminar esta etapa de mi vida, gracias por el amor que me tienes y por el apoyo tan grande que me brindas.

Te quiero agradecer a ti Fan, por haberte encontrado en este camino, apoyarme y ayudarme en la última etapa de la carrera, por ser mi compañera dentro y fuera del teso, por todo el amor que me tienes, siempre verme como una gran persona, enseñarme temas escolares y enseñarme a ser más abierto con las personas que me rodean. Compartir contigo las clases, una tesis y además el sentimiento de amor que te tengo es de las mejores cosas que me pudieron pasar, te amo.

Carlos Ivan G

ÍNDICE

DEDICATORIAS	4
DEDICATORIAS	5
AGRADECIMIENTOS	6
AGRADECIMIENTOS	7
Índice de Figuras	10
RESUMEN	11
INTRODUCCION	12
CAPITULO I ANTECEDENTES	13
1.1 Justificación	13
1.2 Objetivos	14
1.2.1 Objetivo General	14
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 Alcances y limitaciones	15
1.3.1 Alcances	15
1.3.2 Limitaciones.....	15
1.4 Hipótesis	16
CAPITULO II MARCO TEORICO	18
2.1 Pandemia	18
2.3 COVID 19 SARS-CoV-2	20
2.3.1 Estructura viral	21
2.4 Situación epidemiológica en México	22
2.5 Impacto del Coronavirus en México	23
2.6 Avance de las tecnologías durante la pandemia	25
2.6.1 Principales tecnologías en potencia debido a la pandemia Covid 19.....	26
2.7 Reconocimiento Facial	27
2.7.1 Introducción	27
2.7.2 Funcionamiento del Reconocimiento facial	27
2.7.3 Mayores áreas de especialización del reconocimiento facial.....	28
2.7.4 Ventajas del reconocimiento facial	32
2.7.5 Oclusión facial y error de detección facial.....	33
2.8 Inteligencia artificial	34
2.8.1. Funcionamiento de la Inteligencia Artificial	35
2.8.2 Importancia de la inteligencia artificial	36
2.9 Redes Neuronales	36
2.9.1. Antecedentes de las redes neuronales	37
2.9.2 Ventajas de las redes neuronales.....	38
2.9.3 Tipos de redes neuronales.....	40

2.9.3.1 Redes neuronales convolucionales	41
CAPITULO III METODOLOGÍA	46
3.1 Introducción.....	46
3.2. Carga del sistema operativo Raspbian en una Raspberry	46
3.2.1. Raspberry.....	46
3.2.2 Raspbian	47
3.2.3 Componentes para la descarga	47
3.2.4 Descarga de Raspbian.....	47
3.3 Cargar el soporte de Matlab a la RaspBerry.....	47
3.3.1 Componentes	47
3.3.2 Descarga de Matlab 2021.....	47
3.2.3 Descarga e instalación de MATLAB Support Package for Raspberry Pi Hardware	48
3.4 Conexión Cámara - Raspberry.	49
3.4.1 Configurar el acceso a los periféricos de hardware de la RaspBerry pi.....	49
3.4.2 Captura y muestra imagen en ciclo para imagen continua	49
3.4.3 Inserta un rectángulo en el rostro detectado.....	49
3.4.4 Se genera un ciclo para repetir constantemente	50
3.4.5 Prueba de toma de imagen	50
3.5 Entrenamiento de la red neuronal Alexnet	51
3.5.1 Creación de base de datos de imágenes	51
3.5.2 Carga de red neuronal convolucional existente.	53
3.5.3 Modificación de la red usando dos categorías (con o sin mascarilla).	53
3.5.4 Configuración de los datos de entrenamiento	53
3.5.5 Re-entrenamiento de la red	53
3.6 Aplicación de la red entrenada a la toma de imágenes desde la cámara de manera automática.	54
3.6.1 Calculo de la precisión de la nueva red	54
3.6.2 Creamos DataStore de prueba	54
3.6.3 Configurar el acceso a los periféricos de hardware de la raspberry pi.....	54
3.6.4 Captura y muestra imagen	54
CAPITULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	55
4.1 Pruebas.	55
4.2 Resultados del proyecto	57
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFÍA	59

Índice de Figuras

Figura 1 Estructura del virus.....	21
Figura 2 Impacto del Covid19 en la actividad agropecuaria	24
Figura 3 Impacto del Covid19 en el Turismo.....	24
Figura 4 impacto del COVID 19 en la construcción	25
Figura 5 Diagrama de funcionamiento del reconocimiento facial.....	28
Figura 6 Reconocimiento facial en aeropuertos	30
Figura 7 Flujo de trabajo de deep learning. Las imágenes se envían a CNN, que aprende las características y clasifica los objetos automáticamente.....	42
Figura 8 Aprendizaje de características, capas y clasificación	43
Figura 9 Ejemplo de una red con varias capas convolucionales. Se aplican filtros a cada imagen de entrenamiento con distintas resoluciones, y la salida de cada imagen convolucionada se emplea como entrada para la siguiente capa.....	44
Figura 10 Acceso a descarga de Matlab Support Package	48
Figura 11 Raspberry con SO y Supports instalados correctamente	49
Figura 12 Prueba de toma de imagen con CameraV2 y RaspberryPi4+.....	51
Figura 13 Categorización de imágenes para Re- entrenamiento de la red.....	52
Figura 14 Categorización "con cubrebocas"	52
Figura 15 Categorización "Sin cubrebocas".....	53
Figura 16 Prueba 1 Clasificación "Sin cubrebocas"	55
Figura 17 Prueba 1 Clasificación "Con Cubrebocas"	55
Figura 18 Prueba 2 Categorización "Con cubrebocas"	56
Figura 19 Prueba 2 Categorización "Sin cubrebocas"	56

RESUMEN

El Centro de Cooperación Academia-Industria, inscrito en la unidad académica del Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, tiene como objetivo construir un sistema de reconocimiento facial con o sin mascarilla de protección respiratoria más conocidas como cubrebocas, y así mismo, generar un sistema de control de uso adecuado de cubrebocas en accesos mediante la implementación de Deep Learning, con lo cual se generan sistemas de accesos que permitan validar de forma acertada y oportuna si las personas que desean ingresar portan adecuadamente su cubrebocas o no.

Hoy en día existen pocos sistemas que puedan hacer la detección facial de uso adecuado de cubrebocas, además, los que se encuentran ya en el mercado tienen muy altos costos. Por ello, el uso de herramientas tecnológicas tales como: RaspBerry Pi4, una Camera V2 y la red neuronal Alexnet permiten cumplir el objetivo de este proyecto y presentar una solución óptima y viable.

INTRODUCCION

Durante el último año y medio el país y el mundo ha sufrido un cambio en su estilo de vida, derivado de la pandemia mundial generada por el virus del COVID 19, la gran mayoría de las grandes ciudades ha tenido que modificar su normalidad en cuanto al día a día.

Esto aplica no solo a la vida cotidiana, sino que también afecta de gran forma a algunas tecnologías, entre ellas, los sistemas de reconocimiento facial. Éste trabajo se enfoca específicamente en investigar y desarrollar un sistema que ayude al reconocimiento facial aun con uso de cubre bocas, el objetivo es desarrollar un sistema preciso de reconocimiento facial haciendo uso de cubre bocas, que alerte en los accesos de aquellos que no están utilizando la mascarilla o la portan de manera incorrecta, con el propósito de tener control en accesos de forma automatizada en las entradas de empresas, escuelas o instituciones, etc.

De esta manera generaremos una afluencia más confiable, práctica y sobre todo apegada a la nueva normalidad. El proyecto se distingue por tener un bajo costo de producción, ya que para realizarlo solo será necesario una placa RaspBerry Pi4, una Camera V2, y Alexnet, una red neuronal la cual será entrenada por medio del Deep Learning para reconocer de manera precisa y en tiempo real cuando una persona se encuentre usando correctamente la mascarilla o no.

También usaremos Matlab, una plataforma de programación utilizada para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos; en éste será donde se realizará la configuración y programación de nuestro prototipo.

CAPITULO I ANTECEDENTES

1.1 Justificación

Durante el último año se han presentado cambios radicales en el modo de vida de todo el mundo debido a la emergencia sanitaria provocada por el COVID-19 y sus variantes, entre las cuales se incluyen el uso de gel anti-bacterial, monitoreo de temperatura y oxigenación, y también el uso obligatorio de cubrebocas en lugares públicos como el transporte, plazas comerciales, negocios, escuelas, aeropuertos, etc.

Gracias a éstas últimas medidas de sanidad tan importante como lo es el cubrebocas, se ha sufrido un decremento en la precisión de los sistemas de reconocimiento facial que ya se encontraban instalados y en funcionamiento en diversas áreas de aplicación ya que ahora no cuentan con la efectividad necesaria para hacer una evaluación y comparación concreta de rostros que no están totalmente visibles, lo que afecta considerablemente esta gran variedad de áreas de implementación, entre las más importantes como son el campo de seguridad, la asistencia empresarial, entre muchas otras.

Gracias a ésta nueva normalidad que se vive hoy en día en todo el mundo, es un hecho que todas las personas deben implementar el correcto uso correcto del cubre bocas o mascarilla de protección respiratoria y por esto es importante que el desarrollo e implementación de mejora en cuanto a la optimización del sistema de reconocimiento facial se aplique efectivamente a los sistemas ya conocidos para facilitar la detección de rostros y el emparejamiento de información aun cuando el rostro no se encuentre 100% al descubierto.

El no Implementar una mejora para estos sistemas involucraría una grave desventaja no solo a nivel empresarial, hablando de registros de asistencia de personal, sino que también abarcaría una disminución en el servicio de reconocimiento facial aplicado en la seguridad pública como centros de control y monitoreo del país, entre otros, provocando una reacción en cadena que permitiría los contagios y expansión de nuevas cepas del virus y sus variantes que hasta ahora conocemos.

Al desarrollar una mejora en nuestros sistemas de reconocimiento facial generaríamos un cambio benéfico para todas aquellas áreas donde sea necesario identificar un rostro o detectar el uso del cubrebocas, ya sea en el sector de la seguridad al identificar a personas que estén cometiendo actos ilícitos, tanto como en el sector empresarial

donde sea de suma importancia evitar el contacto con componentes que podrían estar infectados de COVID-19 como sería el caso de los biométricos dactilares.

Este proyecto se enfoca precisamente a este caso en específico, el generar un sistema que se aplique a los diferentes sistemas de reconocimiento facial para detectar de forma inmediata la utilización y el uso adecuado del cubre bocas en accesos o estancias públicas.

De las tecnologías a utilizar para la realización de este proyecto se encuentra Deep Learning, tanto el aprendizaje automático como el aprendizaje profundo son dos conceptos que existen en muchos campos en la actualidad, ya sea atención médica para diagnósticos médicos o marketing cuando hablamos de segmentación de mercado o análisis de redes sociales. Pero una aplicación del aprendizaje profundo es el reconocimiento facial. Por lo tanto, las tecnologías relacionadas con el aprendizaje profundo y el aprendizaje automático se están desarrollando rápidamente, enseñando a máquinas y programas a analizar datos, aprender de ellos y ayudarnos o tomar ciertas decisiones por nosotros.

El sistema de reconocimiento facial es un conjunto de tecnologías y software basado en inteligencia artificial, que se ha convertido en una de las áreas de investigación más activas e importantes de la inteligencia artificial en los últimos años, este es un campo interdisciplinario abarcando al procesamiento de imágenes, el reconocimiento de patrones, la visión por computador y las redes neuronales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Implementar un sistema de detección y reconocimiento automático de personas que porten el cubrebocas y lo utilicen de manera correcta detectando a aquellas que no se encuentran utilizándolo, o que lo portan de forma incorrecta o mal colocada, con el fin de alertar de forma inmediata sobre estos casos al momento de acceder en cualquier institución donde el sistema sea implementado.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Cargar el sistema operativo con el soporte de Matlab a la Raspberry Pi4.
- Re - Entrenar la red neuronal Alexnet para que realice de forma automatizada la detección y el reconocimiento adecuado de uso de cubre bocas.
- Generar la conexión de la Cámara a la Raspberry.
- Programar en Matlab el ciclo de toma de imágenes.
- Crear una base de datos de imágenes con suficientes registros para generar la clasificación de detección de cubrebocas.
- Aplicar el algoritmo de Deep Learning a las imágenes tomadas por la camera V2 en tiempo real.
- El sistema será capaz de Generar la clasificación del uso de cubrebocas de forma automática e inmediata

1.3 Alcances y limitaciones

1.3.1 Alcances

- Identificar a los elementos de un sistema de reconocimiento facial, así como los métodos de entrenamiento de redes neuronales para la aplicación al proyecto.
- Implementar un prototipo que pueda detectar cuando una persona tenga la cara descubierta o cuando se encuentre usando correctamente el cubrebocas o mascarilla de protección respiratoria.
- Cargar el sistema operativo Rasbian + Matlab support package en la Raspberry Pi4
- Conectar la cámara (camera V2) a la Raspberry Pi4, y ésta a su vez a una fuente de energía de 5.0 V
- Reentrenar la red neuronal Alexnet con una base de datos de imágenes para que aprenda a reconocer el objetivo de manera correcta y precisa.
- Realizar las pruebas necesarias para emitir y verificar los datos más exactos
- Activación de alertas en el uso inadecuado del cubrebocas, proporcionando información inmediata procedente del reconocimiento facial.

1.3.2 Limitaciones

Se trabajará con el dispositivo Raspberry Pi4, la cual permite una conexión de red wifi por la cual se ejecutará el programa de forma inalámbrica desde Matlab. La cámara se encontrará conectada a la Raspberry, la cual obtendrá las imágenes y las devolverá al programa de Matlab para implementar en ellas la red neuronal y así poder determinar los datos buscados.

1.4 Hipótesis

Con la emergencia sanitaria por COVID 19 y sus variantes, la detección del uso adecuada del uso del cubrebocas será una aplicación indispensable para las áreas concurridas mientras alguna enfermedad afecte de manera directa las vías respiratorias de un ser humano.

1.5 Planteamiento del problema

Esta investigación tiene como objetivo principal el desarrollar un sistema de detección y reconocimiento del uso de cubrebocas en los rostros de las personas, tanto el uso adecuado como el mal uso o la falta de utilización.

Es bien sabido que muchos dispositivos que usamos día a día contienen métodos de reconocimiento facial como lo es el teléfono celular, lo que se genera con diferentes softwares que acompañados de un buen Hardware nos permiten identificar a las personas con planos en 2D y hasta en 3D para poder reconocer varias dimensiones y con ello disminuir el margen de error en este aplicativo.

Existen códigos de programación en diferentes lenguajes enfocados a la detección de rostros, algunos de ellos en la plataforma de Matlab, códigos que con pocas líneas logran grandes resultados, algunos de ellos pueden identificar el rostro de una persona colocando un cuadro alrededor de cada rostro, hay otros sistemas que se enfocan en detectar ciertos objetos, pueden detectar ropa, botellas y algunos otros artículos, todo ello con la ayuda de la visión artificial y las redes neuronales convolucionales.

Las redes neuronales son un modelo de computación construidas de capas y esta misma puede aprender de algunos datos que se le brinden con el fin de que al paso de entrenamiento reconozca patrones o clasifique datos, en algunos casos puede llegar a pronosticar eventos a futuro, los sistemas ya creados ocupan estas redes neuronales para poder clasificar algunos objetos, como es el caso de la red neuronal Alexnet, la cual con la ayuda de 6 líneas de código en Matlab es capaz de reconocer prendas de ropa o artículos escolares, sin embargo al probarla se puede detectar que no distingue al cubrebocas, el cual en estos tiempos de pandemia se han vuelto un artículo personal que se utiliza en la mayoría de las actividades de la vida.

La intención de que una red neuronal pueda clasificar distintos objetos es precisa ya que una sola de estas redes, al implementarse de forma adecuada, puede ayudar en

distintos procesos del día a día, sin embargo, enfocar la visión artificial y el Deep Learning a temas específicos sugiere mayor precisión al momento de probar dichos sistemas.

Si nos enfocamos a la parte de control de accesos o control de estancia de multitudes en lugares públicos, se complica la tarea de tener control total sobre quien se encuentra haciendo uso adecuado de la mascarilla lo que, al no tener control sobre los casos en los que no se esté utilizando de forma correcta, contribuiría a un incremento de contagios del virus, y si esto sucede de forma incremental podría resultar en el quiebre de negocios por cierre epidémico.

Normalmente el control de acceso a lugares como son empresas privados está automatizado al firmar un registro o colocar una huella dactilar para permitir el acceso, incluso con reconocimiento facial o al registrarse un numero de empleado en el sistema, sin embargo, al generar cualquiera de estas opciones ponemos en riesgo la salud ya que en todos los casos anteriores, con excepción del reconocimiento facial, se debe tener contacto con algún dispositivo u objeto, y en el caso del reconocimiento facial, se encuentra más riesgoso para la salud ya que si bien no es necesario tener contacto con ningún dispositivo, se deja a un lado la parte de portar el cubrebocas o portarlo de la manera correcta para que el sistema reconozca al empleado.

La investigación que se propone en este trabajo, analiza el uso de un sistema que realice la detección de rostros y clasificarlas en “con uso de cubrebocas” o “Sin cubrebocas” para ser mejorado e implementado en áreas como es el acceso a escuelas o empresas sin la necesidad de que una persona se encargue de verificar persona por persona que siga de forma correcta las medidas de sanidad implementadas por la contingencia, evitando así el poner en riesgo a las personas frente a alguna de las variantes del virus del COVID 19 y con el objetivo de comprobar que se lleven a cabo las medidas necesarias para preservar la salud.

El uso de redes neuronales para facilitar actividades diarias en procesos del día a día como lo es el saber cuándo una persona está usando su cubrebocas sin la necesidad de que otra persona lo tenga que monitorear es necesario, debido a que por su naturaleza convolucional son perfectas para el reconocimiento en tiempo real de imágenes y para ello se busca encontrar una manera de entrenar estas redes neuronales a forma de obtener resultados precisos en la detección de un objeto en específico ya que se sabe que se puede crear una red neuronal desde cero para enfocar su uso a una sola actividad o se puede tomar una red neuronal existente y ayudarle a cambiar sus patrones por medio de un reentrenamiento, enseñándole a clasificar los datos que deseamos a hasta que pueda detectar los patrones necesarios para nuestra investigación principal.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 Pandemia

La palabra pandemia proviene de la etimología de *PAN* que hace referencia a una enfermedad y *Demos* que se traduce como pueblos, lo que nos deja una definición de “Pandemia” como una enfermedad que afecta a todos los pueblos (Rosselli, 2020). La real academia española denomina “Pandemia” como una “enfermedad epidémica que se extiende a muchos países o que ataca a casi todos los individuos de una localidad o región” (Rosselli, 2020).

Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha buscado poner algo de orden, y proporcionar para “pandemia” una definición operativa, que implica la afectación de seres humanos (aunque uno podría describir pandemias porcinas o aviares), y que cumpla con un criterio de severidad manifiesta. Se argumentó que, detrás de esa decisión podría haber influencias políticas cuando, en 2009, la página de la OMS modificó su definición del término para incluir, además de su extensión geográfica, la severidad y letalidad en seres humanos (Rosselli, 2020).

Una vez especificado lo anterior, una pandemia nos hace entender que se refiere a un padecimiento o enfermedad que está afectando a la humanidad y se extiende de una forma sorprendente, a través de muchos países e incluso llegando a todos los continentes, no importa donde terminen las fronteras de una entidad, afecta por igual desde norte a sur, presenta incontables casos de personas enfermas y dura más tiempo de lo que se puede llegar a considerar normal o dura más de lo que se puede prever, no distingue entre clases sociales, razas o regiones en el mundo.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) indica que para que un suceso pueda llegar a ser catalogado como una pandemia, debe de cumplir con diversas características, las cuales son:

- Ser un virus totalmente nuevo, esto quiere decir que no fluyera en el mundo de manera previa y por ese motivo nadie en el planeta sea inmune a dicha enfermedad.
- El virus debe de tener la capacidad de presentarse en algunas personas de manera más intensa que en otros y por lo tanto genera casos de alta gravedad
- El virus se puede transmitir de una manera muy sencilla y eficaz entre las personas.

2.1.1 Fases de una pandemia

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece 3 periodos dentro de una pandemia, los cuales se clasifican en 6 diferentes fases, y advierte que las fases son una herramienta de planificación, por lo que no pretenden ser usadas como una posible guía para predecir lo que sucederá en la pandemia, ni necesariamente implica que estas fases siempre ocurrirán en el mismo orden:

- Fase 1: Inter pandemia; Periodo en el que se identifican los virus que se presentan en animales y que potencialmente sean capaces de afectar seres humanos y se mantienen bajo vigilancia (Rosselli, 2020).
- Fase 2: Se presentan los primeros casos de infección a seres humanos por alguno de los virus de animales, independientemente de si estos son salvajes o domésticos (Rosselli, 2020).
- Fase 3: Se detectan grupos de personas infectadas que presentan características comunes y aunque ya puede haber contagios de persona a persona, no es suficiente para mantener un brote en la comunidad (Rosselli, 2020).
- Fase 4: Se presenta transmisión comunitaria de persona a persona, los países deben notificar la situación a la OMS y se debe organizar una intervención focalizada por parte de esta (Rosselli, 2020).
- Fase 5: Se observan comunidades afectadas en por lo menos dos países de una misma región en que la OMS divide al mundo (Rosselli, 2020).
- Fase 6: Hay transmisión comunitaria en países de dos o más regiones de la OMS, indica que la pandemia puede ser inminente (Rosselli, 2020).

2.2 Coronavirus

Los coronavirus son una amplia familia de virus que pueden causar diversas afecciones, desde el resfriado común hasta enfermedades más graves, como ocurre con el coronavirus causante del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV) y el que ocasiona el síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV) (Salud, s.f.).

Se pueden encontrar esparcidos alrededor del mundo, éstos pueden llegar a infectar desde humanos hasta mamíferos y aves y pueden ocasionar enfermedades tanto respiratorias, cómo entéricas, hepáticas y neurológicas. Estos virus obtienen su nombre debido a su apariencia, la cual asemeja a una corona.

Los coronavirus se pueden contagiar de los animales a las personas (transmisión zoonótica) y se transmiten sobre todo durante el invierno y son causa frecuente de resfriado común con síntomas leves, pero existen dos virus altamente patógenos y transmisibles, el primero se reportó en 2002 en la provincia de Guangdong, China, nombrado coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV) y una década después en 2012 en Arabia Saudita se aisló el coronavirus del síndrome respiratorio del Medio Oriente (MERS-CoV).

Estos tipos de virus despertaron el interés de la investigación médica al demostrar su capacidad epidémica. En 2003 se reportaron más de 8,098 casos de infección por SARS-CoV, con 916 muertes que correspondieron a una letalidad de 10% aproximadamente, catalogada como la primera nueva enfermedad infecciosa del siglo XXI que afectó a 29 países. En 2012, MERS-CoV infectó a 2,254 personas con 800 muertes, demostrando una alta mortalidad de 35% en 27 países afectados. (Miranda, 2019)

2.3 COVID 19 SARS-CoV-2

A finales de diciembre de 2019 en la ciudad de Wuhan, provincia Hubei, China, se reportaron una serie de casos que cumplían criterios para neumonía de etiología desconocida de características graves y las autoridades locales de salud notaron en los pacientes una asociación epidemiológica con un mercado mayorista de mariscos, en los que también se vendían al público animales no acuáticos como aves de corral vivas y varios tipos de animales salvajes. De forma inmediata notificaron al Centro Chino para el Control y Prevención de Enfermedades y el 31 de diciembre se inició la investigación epidemiológica y como primera medida de control el 01 de enero de 2020 se indicó el cierre del mercado al público. (Efrain, 2020)

Posteriormente, el 09 de enero del año 2020 el Centro Chino de los CDC informó el descubrimiento del nuevo coronavirus y el 12 de enero dieron a conocer la secuencia genómica del nCoV-2019 para el reporte de nuevos casos en otras regiones y el desarrollo de pruebas diagnósticas. De inmediato se observó un incremento exponencial en los casos confirmados. “El 11 de enero se reportó la primera defunción en China. El 13 de enero en Tailandia se registró el primer caso importado en un paciente de 61 años residente de Wuhan. Estados Unidos de Norteamérica reportó su primer caso confirmado el 20 de enero en un paciente de 35 años que viajó a Wuhan. Entre el 23 y 24 de enero se inició la cuarentena en área metropolitana de la ciudad de Wuhan junto con varias ciudades cercanas y se establecieron medidas de control en los medios de transporte aéreos y terrestres nacionales e internacionales.” (Miranda, 2019)

A partir de marzo del 2020 el virus Covid-19 se declaró oficialmente como pandemia, por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el virus se había extendido por muchos países y la mayor parte de la población mundial se encontraba expuesta a contagio. La situación se tornó compleja y requirió la adopción de medidas sanitarias en todos los países.

El virus SARS-CoV-2 es muy contagioso y se transmite rápidamente de persona a persona a través de la tos o secreciones respiratorias, y por contactos cercanos; las gotas respiratorias de más de cinco micras son capaces de transmitirse a una distancia de hasta dos metros, y las manos o los fómites contaminados con estas secreciones seguido del contacto con la mucosa de la boca, nariz u ojos. Debido a que no hubo un aislamiento social a tiempo en China y luego en Italia y España, la enfermedad se esparció rápidamente a muchos países porque es muy contagiosa (Guzmán, 2020).

2.3.1 Estructura viral

El Covid 19 es un virus de ARN que pertenece a la familia de coronavirus, por su forma física recibe su nombre debido a la forma en que están acomodadas sus proteínas por toda su cubierta. En su genoma tiene 29891 nucleótidos que a su vez codifican a 9860 aminoácidos El virión de SARS-CoV-2, su forma infectiva, consiste en una membrana con glicoproteínas dentro de la que se empaqueta el material hereditario compactado con proteínas. En la superficie destaca la presencia de la proteína S, denominada así por formar la espícula, estructura en forma de aguja que tiene un papel relevante en la infección. (Tolosa, 2020)

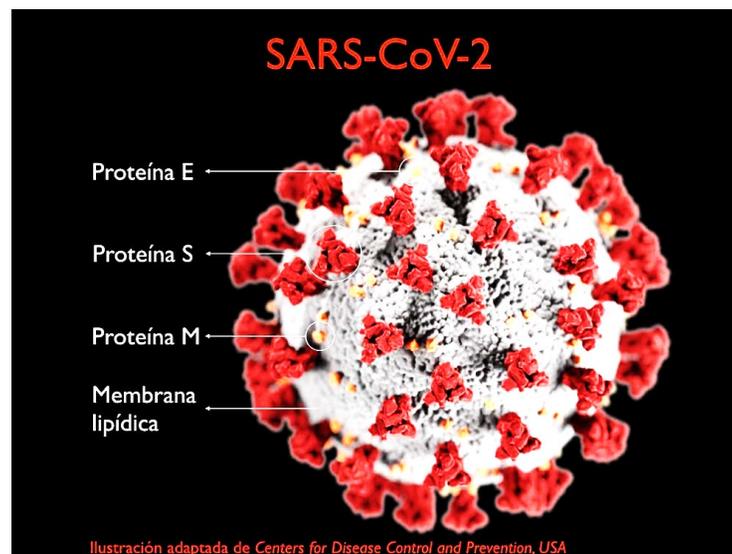


Figura 1 Estructura del virus (Tolosa, 2020)

2.4 Situación epidemiológica en México

A partir de la confirmación sobre el brote del virus COVID-19, se pusieron en marcha diversas medidas de salud y control para mayor confianza. La Dirección General de Epidemiología brindó información que ayudaba a la prevención de realizar viajes de cualquier tipo a China, posterior a esas indicaciones preventivas se publicó el instructivo completo de las medidas a seguir para poder realizar vigilancia a nivel epidemia de esta enfermedad. Se toma en cuenta que un caso es catalogado como sospechoso cuando un paciente muestra indicios de una enfermedad respiratoria grave y mantuvo contacto con un caso confirmado.

El 27 de febrero de 2020 por la mañana se anunció un paciente que tuvo una prueba positiva. Este hombre acudió a consulta al INER, tenía el antecedente de haber viajado a Bergamo, Italia, donde estuvo en contacto con un individuo infectado. El 28 de febrero el INDRÉ confirmó que se trataba del primer caso de COVID-19 en México (Miranda, 2019).

Hasta el momento, a pesar de que ya se cuenta con diferentes tipos de vacunas desarrollados para contrarrestar el virus, aun no se ha probado la efectividad de estas, de esta manera se determinó que la primera medida de seguridad efectiva era la de evitar estar expuesto directamente al virus. Después se brinda la lista de acciones y medidas que resultan ser efectivas para poder evitar el contagio:

- Lavado frecuente de manos con agua y jabón al menos por 60 segundos, en especial después de ir al baño, antes de comer, y después de sonarse la nariz, toser o estornudar, así como después del contacto directo con personas enfermas o su entorno. En el caso de que las manos no estén visiblemente sucias o contaminadas, se puede utilizar un producto para desinfección de manos que contenga 70% de alcohol. (Miranda, 2019)
- Sanitizar correctamente los objetos personales o las cosas con las que se puede tener un contacto directo y que sea frecuentemente, esto se debe realizar con productos de limpieza comunes en él.
- Cubrirla parte de las fosas nasales y la boca para evitar contacto con gérmenes al momento de estornudar y después de ello colocar el pañuelo en su área de basura correspondiente.
- Evitar tener contacto directo con gente que padezca algún tipo de infección respiratoria grave.
- Evitar el permanecer en lugares concurridos para con ello evitar el posible contagio
- No tener contacto con el área de la cara (nariz, ojos y boca)

- Las personas con síntomas de infección respiratoria aguda deben practicar la etiqueta respiratoria, es decir, cubrirse la nariz y boca con un pañuelo desechable al toser y estornudar, si no se cuenta con un pañuelo utilizar el ángulo del codo.
- Las personas con síntomas de infección respiratoria no deben acudir a lugares y espacios concurridos.
- Evitar saludar de mano y de beso.
- Acudir a una institución de salud al presentar síntomas como lo son la fiebre, algún tipo de infección respiratoria, no medicarse sin consultar a un profesional de la salud y usar cubrebocas faciales al realizar traslados de punto a punto.
- Acudir de forma inmediata a un instituto de salud al presentar dificultad para respirar.
- Al estar dentro de instituciones de salud aplicar las medidas de prevención como lo es tener sana distancia y desinfectar manos y artículos personales con gen especial contra bacterias.

2.5 Impacto del Coronavirus en México

La pandemia de covid-19 en México causó estragos en diversas actividades económicas, principalmente durante los meses de confinamiento y distanciamiento social, en el que se tuvieron que cerrar plantas productivas consideradas como no esenciales para evitar la propagación del virus; sin embargo, hubo otro sector que se vio beneficiado por estas medidas sobre todo las relacionadas al sector alimentario y las tecnologías (Esquivel, 2020) :

- **Agropecuario:** Producir alimentos es el sector más beneficiado, ya que a diario todas las personas tenían que seguir operando en su producción mientras que los consumidores todo el tiempo necesitaban comer, se podrían parar diversas actividades en las ciudades, pero todas las personas necesitaban seguir consumiendo alimentos, tanto en el campo como en las industrias no se detuvo la producción

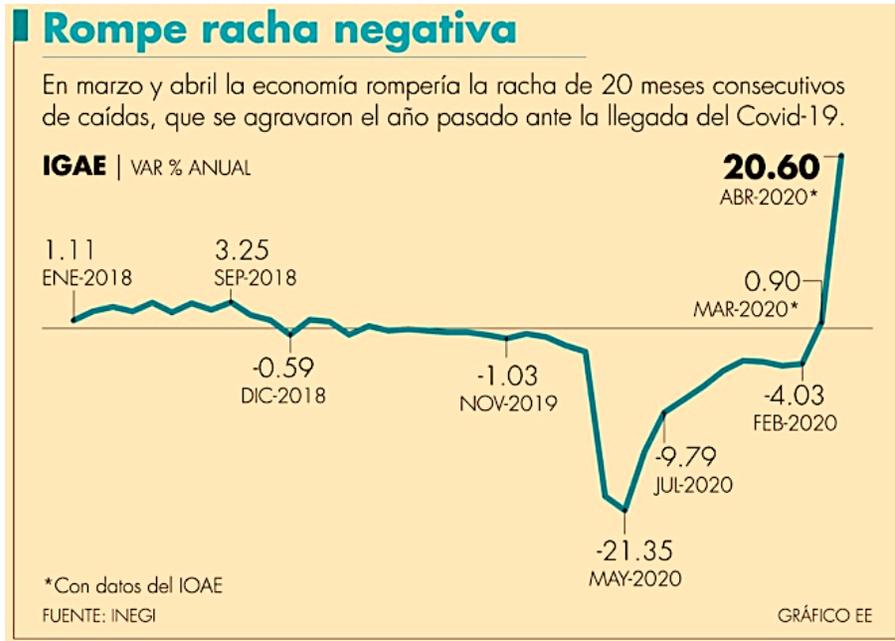


Figura 2 Impacto del Covid19 en la actividad agropecuaria (Esquivel, 2020)

- **EXPORTACIÓN.** Por parte del instituto nacional de estadística y geografía se notificó que en el mes de junio de 2020 la cifra total de exportación de productos mostro un gran incremento mensual de casi 80%

TURISMO. El rubro del turismo en el país se vio severamente afectado a raíz de este suceso mundial, problemas que se ven suscitados desde el interior como por la falta de capital para que muestre el país de una forma mucho más atractiva para los turistas provenientes de otras naciones.



Figura 3 Impacto del Covid19 en el Turismo (Esquivel, 2020)

TEXTIL. A lo largo de la primera mitad del año 2020 algunas industrias de insumos o dedicados al tema de acabado de prendas textiles tubo un decremento de casi 41%, la industria encargada de fabricar directamente los textiles también tuvo una baja del

24% así como la confección de prendas de vestir un 39% y la parte de industria encargada del calzado se desplomo un 44%.

CONSTRUCCIÓN. Durante esta mitad del año la construcción se vio afectada. Debido a la baja demanda de realizar construcciones por falta de inversión, esto afecta no solo a trabajadores si no también a proveedores que se tienen en cuenta desde el inicio de algún proceso como lo son los proveedores del cemento, el vidrio y el metal, lamentablemente al verse afectado este sector, todos los demás sectores como el de los proveedores también pueden verse bastante afectados



Figura 4 impacto del COVID 19 en la construcción (Esquivvel, 2020)

TECNOLOGÍA. Temas como el Home Office, las clases a distancia y la necesidad de permanecer en aislamiento por un tiempo hicieron que este sector, así como el de las telecomunicaciones tuviesen un crecimiento de los más grandes, así como su desempeño dentro de las actividades económicas.

2.6 Avance de las tecnologías durante la pandemia

A lo largo de los recientes 20 años las empresas y negocios han adoptado más sistemas tecnológicos para sus actividades diarias y los han adoptado permanentemente. Sin embargo, la llegada del COVID-19 ha hecho que todas las personas tengan que conectarse con la tecnología aún más. Esto es algo que puede volverse más común con el paso del tiempo, para algunas empresas puede significar una baja en sus gastos al tener a sus empleados en casa y no tener que pagar por un espacio en el cual tenerlos, además de que algunas personas preferirán quedarse en su casa a trabajar para no tener que exponerse al virus en las calles o simplemente para pasar más tiempo cerca de su familia.

Con la utilización de la tecnología, las empresas han visto una mayor eficiencia que no cambiará pronto. Los empleados pueden vender más productos y ver más clientes, en muchos casos, mientras están sentados en sus propios hogares. Por ejemplo, los médicos que han estado proporcionando tele-visitas durante la pandemia dan el mismo servicio, pero lo están haciendo de una manera mucho más oportuna. Están completando sus citas a través de llamadas telefónicas y videollamadas, digitalizando la empresa y, por lo tanto, cada vez más eficientes. Como resultado, esto significa que puede deshacerse de las prácticas de papel y tener un sistema de software seguro y más organizado que le permite mantenerse conectado con su empresa en cualquier lugar y en cualquier momento. (Saynet, 2020)

2.6.1 Principales tecnologías en potencia debido a la pandemia Covid 19

Algunas tecnologías se encuentran claramente en potencia debido a la situación actual que vive el mundo, y es claro que el cómo se transforma la sociedad surgida tras la pandemia será gigante. Éstos son algunos de los avances tecnológicos que tendrán mucho más impacto en los próximos años:

La **computación espacial**, que combina aplicaciones y sensores de realidad aumentada para elevar a un nuevo nivel las interacciones hombre-máquina y máquina-máquina. Esta tecnología aúna estas capacidades y controla los movimientos e interacciones de los objetos, lo que permite a una persona navegar por el mundo digital y físico. (World, 2020)

Los **sensores cuánticos** posibilitarán el uso de vehículos autónomos que puedan “ver” en las esquinas, sistemas de navegación submarina, sistemas de alerta temprana para detectar actividad volcánica y terremotos y escáneres portátiles que vigilen la actividad cerebral de una persona durante la vida diaria. (World, 2020)

Los **‘pacientes virtuales’**. Se usan a estos en lugar de a humanos, y con ellos, los ensayos de las vacunas podrían realizarse de manera más rápida y menos costosa. Esta tecnología reduciría significativamente el número de sujetos humanos necesarios para la experimentación. (World, 2020)

El **reconocimiento facial** se ha convertido en una tendencia importante para llevar el control de acceso y la asistencia del personal en prácticamente todos los sectores productivos, educativos y de salud, que ahora requieren garantizar un espacio seguro de trabajo y libre de contagio para su personal y sus clientes. (World, 2020)

2.7 Reconocimiento Facial

2.7.1 Introducción

El reconocimiento facial es una tecnología utilizada para reconocer la identidad individual de una persona por los rasgos únicos de su rostro y se convirtió en una forma de seguridad que ha ido desarrollándose de forma exponencial desde las primeras pruebas que se realizaron por lo que desde la década pasada ha sido implementado en para llevar el control de asistencia en empresas industriales o con alto requerimiento de seguridad e higiene.

Para que el reconocimiento facial sea posible se analizan las características faciales de cada persona, y éstas pueden ser extraídas desde fotos o incluso desde videos para convertirse en una maqueta con la cual se realizará la comparación con una base de datos de imágenes y, de esa manera, validar la identidad de un individuo.

2.7.2 Funcionamiento del Reconocimiento facial

Hoy en día, la mayoría de las personas se involucran con el reconocimiento facial, principalmente por FaceID, el cual es utilizado como seguridad de bloqueo en dispositivos como los iPhone, pero además de ser utilizado para el desbloqueo de teléfonos, la tecnología de reconocimiento de rostros puede variar, y en lo general funcionan en 4 pasos:

1. Reconocimiento facial
2. Análisis facial
3. Transformar la imagen en datos
4. Búsqueda de coincidencias

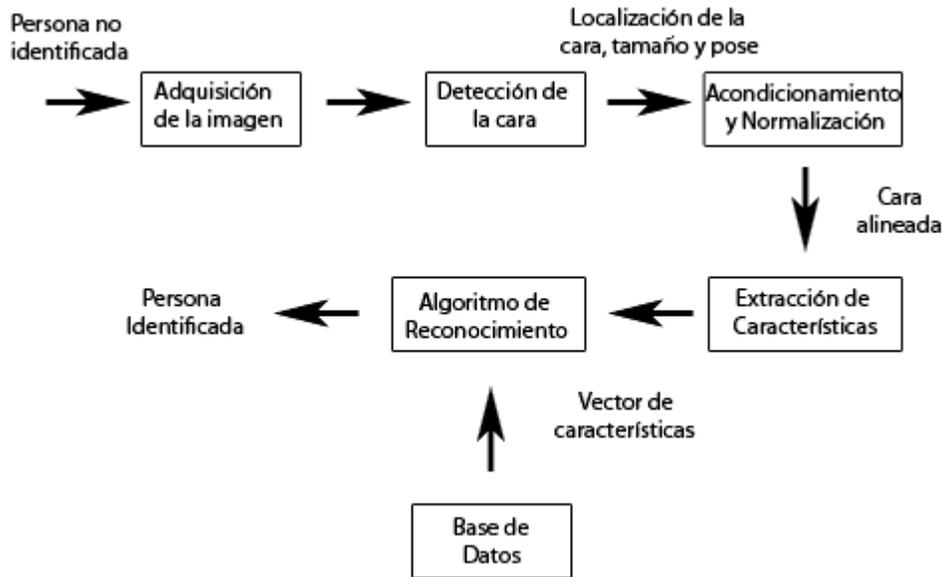


Figura 5 Diagrama de funcionamiento del reconocimiento facial (kaspersky, 2020)

Durante esta primera fase la cámara ubica un rostro, ya sea individualmente o dentro de un grupo de personas y toma una captura para posteriormente pasar a la segunda fase y analizar la imagen del rostro.

A continuación, se captura y analiza una imagen del rostro. La mayoría de las tecnologías de reconocimiento facial dependen de imágenes 2D en lugar de 3D, ya que pueden hacer coincidir de manera más oportuna una imagen 2D con fotos públicas o de una base de datos. El software lee la geometría del rostro. Entre los factores clave se incluyen la distancia entre los ojos, la profundidad de las cuencas de los ojos, la distancia desde la frente hasta el mentón, la forma de los pómulos y el contorno de los labios, las orejas y el mentón. El objetivo es identificar los puntos de referencia faciales que son clave para distinguir un rostro. (kaspersky, 2020)

Durante la captura de rostros, se transforma toda la información analógica en datos basados en características faciales de los individuos para después de ello verificar que el análisis del rostro se transforma ahora en una especie de fórmula matemática donde el código numérico se volverá un identificador único para cada individuo y debido a que cada persona tiene su propia huella facial, se puede generar una comparación con la recopilación de imágenes de rostros y detectar la información correspondiente.

2.7.3 Mayores áreas de especialización del reconocimiento facial

Los sistemas de reconocimiento facial han inundado nuestro tiempo, ubicándose fuertemente en distintas áreas y aunque hoy ya tienen múltiples usos, sólo estamos en los inicios de una tecnología que seguirá cambiando el ámbito de investigación y las tecnologías. Por ahora, estas son algunas de las aplicaciones del reconocimiento facial:

- Desbloqueo de teléfonos: Existen diversas marcas de teléfonos inteligentes que utilizan el reconocimiento facial como método de desbloqueo para el dispositivo. Esta tecnología ofrece una eficiente forma de proteger los datos personales y garantiza que los datos confidenciales permanezcan inaccesibles si roban el teléfono.
-
- Fuerzas de seguridad: Utilizan la técnica de reconocimiento facial todo el tiempo de una forma muy normal. La policía recopila fotografías de las personas que han sido arrestadas y las coteja contra su registro de datos, ya sean estos almacenados en forma local, a nivel estado o federación. Después de que se le toma una fotografía a una persona que es arrestada, esta automáticamente pasa a formar parte de esa misma base de datos para poder ser cotejada cada vez que la policía necesite realizar otra búsqueda en la base de datos de rostros de criminales.
- Control de aeropuertos y fronteras: Esta es una de sus principales aplicaciones ya que el reconocimiento facial se ha vuelto una seña particular en muchos aeropuertos de diferentes partes del planeta. Cada vez más personas cuentan con pasaportes biométricos, lo que les ahorra tiempo de espera en largas filas y, en vez de eso, les permite ser partícipes de un control automatizado de pasaportes lo que hace más fácil y rápido su proceso para abordar las aeronaves. Con ello se reducen a gran escala los tiempos de espera, de esta forma la detección de rostros ayuda de una forma considerable a la seguridad de los aeropuertos.



Figura 6 Reconocimiento facial en aeropuertos (kaspersky, 2020)

- Localización de personas extraviadas: El reconocimiento facial puede ser utilizada para encontrar personas que cuenten con un reporte de extravío o también a personas que se volvieron víctimas de delitos como el tráfico de personas.
- Baja en la cantidad de delitos a establecimientos pequeños: Esta tecnología es utilizada para poder realizar la identificación de ladrones que roban establecimientos con un tamaño menor, personas que roban a estas pequeñas tiendas que se enfocan en mantener establecimientos pequeños o personas que cuentan con un historial de fraude. Las imágenes de las personas se cotejan contra las grandes bases de datos de delincuentes, y así es como se logra realizar la notificación a las personas encargadas de la seguridad de estos pequeños comercios y con ello reducir y prevenir las pérdidas que se tienen cada vez que estos delincuentes ingresan a los establecimientos.
- Ayudar a los clientes con su experiencia en establecimientos: De la misma forma en que se usa el reconocimiento facial para localizar delincuentes también se puede usar para identificar a clientes frecuentes en los establecimientos, con esto cada cliente mejoraría considerablemente su experiencia de compra. Un claro ejemplo de cómo se mejoraría la experiencia es que los establecimientos equipados con el reconocimiento facial puedan identificar al cliente y poderle ofrecer productos basados en su consumo frecuente, es algo parecido a los algoritmos con los que cuentan los smartphones al mostrar publicidad de cosas que se buscan con frecuencia en los navegadores, solo que en este caso lo que se hace es realizar la búsqueda

del rostro en la base de datos y brindarle información que ya se tiene de esa persona. Inclusive se podría implementar el método de pago por medio de reconocimiento facial donde, así como en establecimientos solo es necesario colocar un teléfono, una tarjeta o reloj frente a un sensor pueda transformarse en solo colocar el rostro frente a una cámara y se realice el pago con cargo a las cuentas de esa persona.

- Banca: El poder realizar operaciones bancarias en línea con la ayuda de la identificación biométrica es otro beneficio de la detección de rostros. Se puede realizar el uso de una llave biométrica para no depender de las contraseñas convencionales que pueden ser robadas. Con ello se puede realizar la autorización de transacciones bancarias desde diversos dispositivos. En este tipo de situaciones se debe tomar en cuenta que los procesos de detección de rostro tienen que estar optimizados al punto de poder detectar si el rostro que se está capturando es un rostro real y no una representación falsa o una fotografía, con lo que podrían dar mal uso de las herramientas.
- Mercadotecnia: En ocasiones las empresas que brindan un servicio ya sea comida, salud o incluso negocios pueden hacer uso del reconocimiento facial no solo para identificar a las personas si no también identificar la forma en que reaccionan como por ejemplo cómo reacciona cada persona con un anuncio de refrescos, esto hará que si una persona reacciona con una sonrisa o de forma alegre a dicho comercial entonces se le pueda seguir ofreciendo publicidad personalizada, que incluyan formatos de video o productos similares a los que ya visualizo en el comercial al que respondió de forma alegre.
- Salud: En el área médica también es útil la detección de rostros para poder ayudar con la atención de los pacientes. Se está probando un sistema de detección de rostros para poder identificar a los pacientes y poder ingresar a su historial médico. Con ello las instituciones de salud podrán tener acceso rápido a sus datos sin necesidad de que otra persona los acompañe o tenga que brindar información del paciente que puede o no conocer, identificar si es alérgico o las intervenciones que en el pasado posiblemente ya se le realizaron al paciente.
- Educación: En algunas escuelas de China se utiliza el reconocimiento facial para poder validar la asistencia a clases de los estudiantes y de los trabajadores de ese mismo sector. Se utilizan tabletas para poder realizar el escaneo de los rostros y cotejarlas con las que se tengan en la base de datos de la institución

con el fin de validar sus identidades. En pocas palabras esta tecnológica es utilizada como un checador para los trabajadores y una lista de asistencia para los alumnos.

2.7.4 Ventajas del reconocimiento facial

Con el día a día se les pide más a los ámbitos de la seguridad, las empresas y los usuarios de la tecnología en general piden sistemas de seguridad más confiables, para ello dentro de las ventajas de la detección e identificación de rostros se encuentra la técnica de detectar un rasgo característico de los individuos y que dicho rasgo tenga una gran complejidad para poder replicarlo. Hacer uso de los identificadores faciales de cada persona, es una de las maneras con mayor seguridad que hoy en día las grandes compañías empiezan a adoptar para poder tener segura la información. Con un acceso limitado solo ciertas personas autorizadas podrían acceder a información privilegiada y usarla de manera correcta.

Como ya mencionamos en este proyecto, esta tecnología ya está disponible en muchos lugares y podemos constatar que no es tan difícil de acceder a ella. Sin embargo, siempre es recomendable conocer los beneficios que esta otorga para evaluar si es una inversión que nos conviene o no.

1. Mayor seguridad: Ayuda a realizar la identificación de delincuentes.
2. Menos delitos: Mejora la forma de darle seguimiento a los delincuentes.
3. Optimización de detención y registro: Facilita que se realice el registro a las personas correctas.
4. Mayor comodidad: Agiliza procesos como lo son las compras en establecimientos, así como las transacciones que se puedan realizar desde un dispositivo que cuente con reconocimiento de rostros.
5. Agilidad en el procesamiento: El uso de detección de rostros, aunque pueda sonar complejo y el proceso que realiza al capturar, cotejar y brindar una respuesta pueda parecer largo, es un proceso que no tarda más de un segundo por lo que ser usado ahorra tiempo que puede ser usado para realizar otras actividades o tareas.
6. Compatibilidad con otras tecnologías: La detección de rostros es un sistema que se puede complementar con otros ya existentes como lo es el ejemplo de las cámaras de seguridad en establecimientos o centros comerciales, las cámaras de dichos lugares ya existen y están en funcionamiento, solo falta agregar el reconocimiento para identificar delincuentes o brindar información personalizada a clientes frecuentes.

2.7.5 Oclusión facial y error de detección facial

Según el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (una agencia federal), los sistemas de reconocimiento facial identificaban erróneamente a las personas de color con más frecuencia que a las personas blancas y ahora el coronavirus provocó que todas las personas al rededor del planeta al mundo necesitaran hacer uso de los cubrebocas, lo cual tomo a la inteligencia artificial por sorpresa ya que no se encontraba optimizada para ese tipo de usos.

Con la aparición del Covid-19, el reconocimiento facial se ha convertido en una tendencia importante para llevar el control de acceso y la asistencia del personal en prácticamente todos los sectores productivos, educativos y de salud, que ahora requieren garantizar un espacio seguro de trabajo y libre de contagio para su personal y sus clientes.

Hace unas semanas el Instituto Tecnológico de Massachusetts, mostró varios casos de cómo la pandemia estaba poniendo en apuros a la inteligencia artificial. Los algoritmos de la IA recopilan la mayor cantidad posible de información y la utilizan para hacer predicciones basadas en datos. Aprenden automáticamente sin necesidad de haber sido programadas. (Fiter, 2020)

Sabemos que los modelos de aprendizaje automático están diseñados para responder a los cambios, pero la mayoría también son frágiles. Funcionan mal cuando los datos que reciben difieren demasiado de los datos con los que fueron entrenados, por tanto, los algoritmos necesitan ayuda humana para atajar estos fallos, se pueden adaptar los algoritmos reentrenándolos con datos actuales, representativos de la nueva situación. (Fiter, 2020)

Con el reconocimiento facial ha ocurrido un imprevisto diferente. La alerta sanitaria ha obligado a personas de todo el mundo a cubrirse la cara con mascarilla para prevenir el contagio. Con la boca, la nariz y parte del rostro tapado, los algoritmos tienen menos datos para comparar e identificar a una persona. (Fiter, 2020)

Pero la industria trabaja para dar con una solución y diversas instituciones como la Universidad de Wuhan (China) y el startup norteamericano Workaround han comenzado a crear bases de datos con fotografías de personas con cubrebocas. Incluso han recurrido a Instagram para encontrar estas imágenes. Se trata de una carrera donde países como Rusia o China llevan la delantera. El cóctel de tener unas leyes de privacidad menos estrictas y una mayor aceptación social a la vigilancia

facilita que sus empresas recopilen los datos necesarios para mejorar el reconocimiento facial. (Fiter, 2020)

2.8 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial es esa tecnología que hace posible que las máquinas aprendan desde la experiencia para ajustarse a nuevas aportaciones y de esa forma poder realizar tareas al igual que lo haría un ser humano. La mayoría de las aplicaciones que utilizan inteligencia artificial actualmente se conforman de máquinas capaces de aprender el juego de ajedrez y vehículos con un piloto automático ya que éstas implementan el aprendizaje profundo y el procesamiento del lenguaje natural. Al emplear este tipo de tecnologías los sistemas pueden ser entrenados para generar tareas específicas que son capaces de procesar enormes cantidades de datos y, además, reconocer patrones dentro de esos datos.

El primer intento de definir la inteligencia artificial lo realizó Alan Turing, quien es muy conocido por crear la máquina de Turing: la cual se utilizó para formalizar los conceptos del modelo computacional que hoy en día sigue siendo utilizado. En 1950 Turing publicó su artículo llamado "Computing machinery and intelligence" donde argumenta que si una máquina puede actuar como humano, entonces podemos llamarla inteligente, para comprobar esto se creó el Test Turing, ya que, a pesar de que han pasado años, sigue teniendo una gran importancia debido a que exige una serie de capacidades a las máquinas inteligentes, cuyo conjunto forma lo que hoy en día conocemos como inteligencia artificial, cualquier máquina que sea capaz de pasar este test de manera exitosa será porque cuenta con capacidades como son el reconocimiento de lenguaje natural, razonamiento, aprendizaje y representación del conocimiento en sí.

En base a la idea que proponía Turing de que una máquina solo sería inteligente solo si interactuaba como una persona, otros científicos se enfocaron en nuevos paradigmas, dentro de los cuales uno afirma que si una máquina solo será inteligente siempre y cuando piense y actúe de forma racional.

Esta afirmación se asemeja a la idea de Turing, pero con la gran diferencia de que comportarse como humanos no asegura que las máquinas recreen los mismos procesos mentales que suceden en un cerebro humano. Lo único certero dentro de estas hipótesis es que aún estamos lejos de entender el mecanismo cerebral al 100%, pero a pesar de ello sabemos que es posible implementar mejoras y crear nuevos algoritmos capaces de ampliar el conocimiento sobre la inteligencia artificial.

2.8.1. Funcionamiento de la Inteligencia Artificial

La Inteligencia artificial funciona por medio de algoritmos que interactúan por medio de fundamentos de programación y con un tipo de programación que conjuga diversas técnicas denominado Machine Learning sus diferentes técnicas entre las que se encuentra el Deep Learning.

2.8.1.1 Machine Learning

Este es la rama más común de la Inteligencia Artificial ya que es la encargada de crear e implementar técnicas que usara un algoritmo que se encuentra desarrollado pueda aprender y mejorar con el tiempo, esto involucra la aplicación de un extenso código de programación y diversos y difíciles cálculos matemáticos, algunos más complejos que otros para poder lograr que una maquina pueda lograr encontrar una solución para un determinado problema. Esta vertiente de la IA es una de las más desarrolladas con fines comerciales o empresariales en la actualidad, ya que se utiliza para procesar grandes cantidades de datos rápidamente y depositarlos de manera comprensible para los humanos. (Integra, 2020)

Un claro ejemplo de esto son los datos que se extraen de plantas de producción en el que los elementos conectados alimentan un flujo constante de datos sobre el estado de las máquinas, la producción, funcionalidad, temperatura, etc. a un núcleo central. Esta enorme cantidad de datos derivada del proceso productivo se debe analizar para conseguir una mejora continua y una toma de decisiones adecuada, sin embargo, el volumen de estos datos hace que el ser humano deba emplear una gran cantidad de tiempo (días) en el análisis y la trazabilidad. (Integra, 2020)

2.8.1.2 Deep Learning

Es una versión aún más específica del Machine Learning (ML) que hace referencia a un conjunto de algoritmos (o redes neuronales) que están pensados para el aprendizaje automático de las máquinas y participan en un razonamiento no lineal. (Integra, 2020)

En la actualidad podemos ver que el Deep Learning se encuentra todavía en su pleno desarrollo, pero eso no significa que estemos visualizando ya parte de su habilidad y además cada vez estamos más cerca de poder ver su potencial en su máxima expresión, día tras días son más los sectores donde se utiliza para validar y analizar distintos datos a nivel detallado.

2.8.2 Importancia de la inteligencia artificial

Existen distintas opiniones del sector tecnológico que defienden los beneficios de la Inteligencia Artificial, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Automatiza el aprendizaje y descubrimiento repetitivos a través de datos. La inteligencia artificial realiza tareas computarizadas frecuentes de alto volumen de manera confiable y sin fatiga. Para este tipo de automatización, la investigación humana sigue siendo fundamental para configurar el sistema y hacer las preguntas correctas. (Goodnight, 2021)
- Analiza más datos y datos más profundos empleando redes neuronales que tienen muchas capas ocultas. Se necesitan muchos datos para entrenar modelos de aprendizaje profundo porque aprenden directamente de los datos. Cuantos más datos les pueda proporcionar, más precisos se vuelven. (Goodnight, 2021)
- Agrega inteligencia a productos existentes por lo que no se venderá como aplicación individual. En su lugar, los productos que ya utiliza serán mejorados con recursos de inteligencia artificial. (Goodnight, 2021)
- La inteligencia artificial logra una increíble precisión a través de redes neuronales profundas. En el campo de la medicina, las técnicas de inteligencia artificial del aprendizaje profundo, clasificación de imágenes y reconocimiento de objetos se pueden emplear ahora para detectar cáncer en imágenes de resonancia magnética con la misma precisión que radiólogos altamente capacitados. (Goodnight, 2021)
- Se adapta a través de algoritmos de aprendizaje progresivo para permitir que los datos realicen la programación, encuentra estructuras y regularidades en los datos obtenidos de modo que el algoritmo adquiere la habilidad de convertirse en un clasificador o predictor. (Goodnight, 2021)
- Saca el mayor provecho de los datos. Cuando los algoritmos son de autoaprendizaje, los datos mismos pueden volverse de propiedad intelectual. Las respuestas están en los datos; usted sólo tiene que aplicar inteligencia artificial para sacarlas a la luz. (Goodnight, 2021)

2.9 Redes Neuronales

La raza humana siempre está en constante evolución, siempre busca una forma de poder realizar las funciones o actividades que tiene en su día a día para así ahorrar y acelerar procesos y operaciones en los que se usa la fuerza es importante. Al desarrollar inventos que eliminen esas tareas por hacer, se puede enfocar en

desarrollar dispositivos que aceleren algún otro tipo de esfuerzo como es el mental, poder desarrollar dispositivos como una calculadora que evita realizar operaciones manual o mentalmente.

Pero cuando se intentó llegar más allá y el nuevo reto fue realizar tareas en donde los algoritmos matemáticos no podrían determinar un resultado esperado como por ejemplo el intentar clasificar ropa por su forma, su color, clasificar a las personas dependiendo de sus rasgos físicos. La inteligencia artificial es precisamente la forma de simular la inteligencia humana.

Las redes neuronales son más que otra forma de emular ciertas características propias de los humanos, como la capacidad de memorizar y de asociar hechos. Si se examinan con atención aquellos problemas que no pueden expresarse a través de un algoritmo, se observará que todos ellos tienen una característica en común: la experiencia. El hombre es capaz de resolver estas situaciones acudiendo a la experiencia acumulada. Así, parece claro que una forma de aproximarse al problema consista en la construcción de sistemas que sean capaces de reproducir esta característica humana. En definitiva, las redes neuronales no son más que un modelo artificial y simplificado del cerebro humano, que es el ejemplo más perfecto del que disponemos para un sistema que es capaz de adquirir conocimiento a través de la experiencia. Una red neuronal es “un nuevo sistema para el tratamiento de la información, cuya unidad básica de procesamiento está inspirada en la célula fundamental del sistema nervioso humano: la neurona”. (Murillo, 2001)

2.9.1. Antecedentes de las redes neuronales

En el año de 1936 Alan Turing realizó el estudio del cerebro humano como una forma de poder ver el mundo de la computación. Pero fue hasta 1943 cuando Warren McCulloch y Walter Pitts, un neurofisiólogo y un matemático respectivamente, modelaron una red neuronal con circuitos eléctricos.

Para el año de 1949 Donald Hebb realizó la explicación de los procesos del aprendizaje viéndolos desde el punto de vista de la psicología, se basó en la idea de que el aprendizaje ocurría cuando determinados cambios en una neurona eran activados, además de ello encontró semejanzas entre la actividad nerviosa y el aprendizaje.

Durante el año de 1950 Karl Lashley realizó sus ensayos en base a que toda la información que se tiene en el cerebro humano no reside ni se almacena en una zona central del cerebro, si no que dicha información se distribuyó encima del mismo.

Frank Rosenblatt es uno de los participantes importantes ya que, en 1957 inicio con su desarrollo del Perceptrón, que es la red neuronal más antigua, esta es utilizada hasta el día de hoy en la identificación de patrones. La funcionalidad de este modelo es que a partir de haber logrado aprender una serie de patrones, podía identificar algunos otros similares, aunque no los conociera durante el entrenamiento. Como todo, tenía limitantes como el no poder ser capaz de clasificar como el hecho de no poder separar clases no separables linealmente. Después en 1959 desarrollo los principios de neuro dinámica, un libro que confirmaba que, al imponer algunas condiciones, el aprendizaje del perceptrón convergía hacia un estado finito.

En el año 1960 Bernard Widrooff y Marcial Hoff lograron desarrollar el modelo ADALINE (Adaptative Linear Elements). Dicha red neuronal fue la primera red neuronal aplicada a los filtros adaptativos para eliminar ecos en las líneas telefónicas.

En el año 1969 Marvin Minsky junto a Seymour Papert produjeron por así llamarle, la muerte de las redes neuronales al demostrar de manera matemática que el perceptrón no podía lograr resolver problemas demasiado sencillos como función no no-lineal, con ello se dio por entendido que el perceptrón era demasiado débil.

La teoría de resonancia adaptada de 1977 es una arquitectura de red que se logra diferencias de las demás ya que en esta ocasión Stephen Grossberg logro que la red simulara más habilidades como lo hace el cerebro humano, estas habilidades fueron la memoria a corto y largo plazo.

2.9.2 Ventajas de las redes neuronales

Las redes neuronales artificiales presentan un gran número de características que son muy similares a las del cerebro debido a su constitución y sus fundamentos, estas redes son capaces de aprender con base a la experiencia, al poder generalizar casos anteriores. Todo eso hace que se puedan obtener muchas ventajas del uso de estas redes y pueda seguir siendo usada en diferentes áreas. Algunas de las ventajas que incluye su uso son:

- **Aprendizaje adaptativo.** Es la característica más llamativa de sus ventajas, esto nos indica que se puede llegar a aprender a llevar a cabo algunas tareas mediante una forma de entrenamiento con ejemplos ilustrativos. Al poder aprender a diferenciar algunos patrones en base a un entrenamiento no es necesario elaborar modelos a priori y tampoco es necesario brindar funciones de distribución de probabilidad. Las redes neuronales son sistemas adaptables debido a la capacidad de realizar ajustes automáticamente en las neuronas que componen dicho sistema, son dinámicos ya que son capaces de en un cambio

constante para poder entender las nuevas condiciones. Durante el aprendizaje, los enlaces de las neuronas son ajustados para poder un resultado determinado, las redes neuronales no necesitan un algoritmo para resolver los problemas. Ya que las redes generar su propia distribución de pesos durante el proceso de aprendizaje, algunas redes continúan aprendiendo durante lo largo de su vida y después de concluir su aprendizaje.

- La autoorganización. Las redes neuronales usan su capacidad de aprendizaje adaptativo para autoorganizar la información que reciben en el entrenamiento, así como durante la operación. La diferencia entre uno y otro es que el aprendizaje es la modificación de un elemento del procesal y la autoorganización consiste en la modificación de la red neuronal completa para llevar a cabo un objetivo específico. Cada que una red neuronal es usada para reconocer o detectar alguna clase de patrón, autoorganizan la información usada. La autoorganización es la que nos ayuda a tener una generalización, la cual no es más que la facultad que tiene las redes neuronales de responder de una manera apropiada a situaciones donde se le brindan datos y situaciones a las que se había enfrentado antes.
- Tolerancia a fallos. Las redes neuronales son el primer mecanismo computacional que tiene la capacidad inherente de tolerar fallos. Comparados con sistemas computacionales tradicionales que pierden su funcionalidad cuando sufren un pequeño error de memoria, pero en las redes neuronales si se falla a tener un fallo en un pequeño número de neuronas y aunque el comportamiento del sistema se ve influenciado, no sufre una caída repentina. Se tienen dos características importantes que tienen que ver con la ventaja de la tolerancia a fallos, la primera hace referencia a la tolerancia a fallos respecto a los datos, lo que significa que las redes pueden aprender a reconocer patrones con ruido, distorsionados o aun estando incompletos y la otra característica es que pueden realizar su función aun cuando tengan una cierta degradación lo que significa que continuara, aunque una parte de la red sea destruida.
- Operación entiendo real. Una de las características esenciales en la aplicación de las redes en diversas áreas es la necesidad de que el procesar datos se pueda realizar de una forma rápida. Para ello las redes neuronales se adaptan ya que tienen una implementación paralela. Para que la mayoría de las redes puedan operar en tiempo real, la necesidad de cambio en los pesos es mínimo.
- Fácil inserción dentro de la tecnología existente. Las redes pueden ser entregadas para poder desarrollar una tarea ya sea compleja, que hagan selecciones de patrones o para sistemas interconectados. Con las herramientas que se tienen, una red puede ser rápidamente entrenada, comprobada, verificada y trasladada a un hardware. Por lo tanto, no se tiene dificultades para la inserción de redes neuronales en aplicaciones específicas.

2.9.3 Tipos de redes neuronales

Existe una gran cantidad de redes neuronales y se puede realizar su clasificación de diversas formas o tomando en cuenta algunas de sus características para determinar cada tipo de red.

- Clasificación por capas:
 - Redes neuronales monocapa: Son las redes neuronales más sencillas de desarrollar, la capa de entrada es contada como una capa, pero al no realizar ningún cálculo no se toma en cuenta al momento de clasificar. Esta capa se conecta a la capa de salida en donde si se llevan a cabo los cálculos.
 - Redes neuronales multicapas: Entre las conexiones de entrada y salida, se cuenta con varias capas de neuronas que se encargan de realizar cálculos y hacen de intermediarias entre la capa de entrada y la de salida, también son denominadas capas ocultas.

- Clasificación por tipos de conexión:
 - Redes neuronales no recurrentes: La información que se tiene en este tipo de red neuronal solo trabaja en un solo sentido, no se cuenta con algún tipo de realimentación. Este tipo de red comparte algunos algoritmos recurrentes.
 - Redes neuronales recurrentes: Cada red neuronal tiene la posibilidad de realizar algún tipo de conexión para realimentar y puedan entrar neuronas de una sola capa o de varias capas una vez más y con ello las neuronas recurrentes tengan una memoria, Este tipo de redes tienen un poco más de ventajas.

- Clasificación por grados de conexión:
 - Redes neuronales totalmente conectadas: Todas las capas de la red, tanto las anteriores como las que vienen, están totalmente conectadas. En su totalidad las neuronas están conectadas entre ellas.
 - Redes parcialmente conectadas: Como su nombre lo indica es el contrario del tipo anterior, en este caso no todas las neuronas de una red están conectadas entre sí.

Existen otros tipos de redes neuronales como son las redes de base radial y las redes neuronales convolucionales.

2.9.3.1 Redes neuronales convolucionales

Una red neuronal convolucional (CNN o ConvNet) es una arquitectura de red para deep learning que aprende directamente de los datos, sin necesidad de extraer características manualmente. Estas redes son particularmente útiles para encontrar patrones en imágenes para reconocer objetos, caras y escenas. También resultan eficaces para clasificar datos sin imágenes, tales como datos de audio, series temporales y señales. Las aplicaciones que utilizan reconocimiento de objetos y visión artificial, tales como las aplicaciones para vehículos autónomos y para reconocimiento facial, dependen en gran medida de CNN. (Mathworks, s.f.)

Una red neuronal, es un algoritmo que consiste en simular el comportamiento de un cerebro biológico mediante miles de neuronas artificiales interconectadas que se almacenan en filas llamadas capas, formando miles de conexiones. (Rodríguez, 2021)

Existen varios tipos de redes neuronales, como son las monocapa o perceptrón simple, perceptrón multicapa (MLP), convolucionales (CNN), redes neuronales recurrentes (RNN), de retroalimentación o redes de base radial (RBF). (Rodríguez, 2021)

Además, según el método que tengan de aprendizaje también se pueden clasificar como aprendizaje supervisado, aprendizaje por corrección de error, estocástico, aprendizaje autosupervisado, hebbiano, competitivo y comparativo, o por último, aprendizaje por refuerzo. (Rodríguez, 2021)

Ventajas principales:

- Su principal ventaja está en que son modelos de vanguardia que capturan de una forma óptima y efectiva características complejas, obteniendo resultados con una alta precisión.
- El procesamiento de la información es local, es decir que al estar compuesto por unidades individuales de procesamiento, dependiendo de sus entradas y pesos, y de que todas las neuronas de una capa trabajan en forma paralela, proporcionan una respuesta al mismo tiempo.
- Los pesos son ajustados basándose en la experiencia, lo que significa que se le tiene que enseñar a la red lo que necesita saber antes de ponerla en funcionamiento.
- Las neuronas son tolerantes a fallos, si parte de la red no trabaja, solo dejará de funcionar la parte para que dicha neurona sea significativa, el resto tendrá su comportamiento normal.

- Las neuronas pueden reconocer patrones que no han sido aprendidos, sólo deben tener cierto parecido con el conocimiento previo que tenga la red. Dicho de otra forma: si la entrada presenta alguna alteración la red podrá identificarla siempre y cuando se mantenga cierto grado de similitud entre lo aprendido y lo mostrado en la entrada de la red. (Rodríguez, 2021)

CNN

El uso de las redes neuronales convolucionales con la ayuda de Deep Learning es popular debido a sus factores importantes dentro de los que encontramos la habilidad de aprender características directamente sin tener que extraerlas manualmente, además de ello otro factor importante es el hecho de generar resultados de reconocimiento con un grado muy alto de precisión. Además, tenemos el último factor que nos indica que estas redes se pueden volver a entrenar para realizar una nueva tarea determinada de reconocimiento, de esta forma se aprovechan las redes que ya existían.

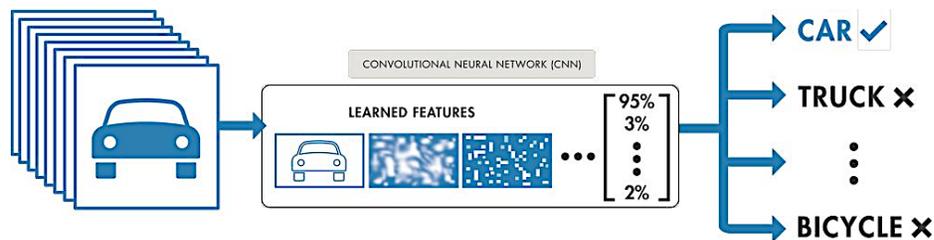


Figura 7 Flujo de trabajo de Deep Learning. Las imágenes se envían a CNN, que aprende las características y clasifica los objetos automáticamente. (Mathworks, s.f.)

Las redes neuronales convoluciones tienen una forma ideal arquitectónicamente hablando para lograr descubrir características principales de las imágenes o los datos de series temporales y a su vez poder aprenderlas.

Este tipo de redes son usadas en distintos campos o para diversos propósitos como lo es en el campo de la medicina, donde este tipo de redes neuronales pueden examinar miles de informes patológicos para realizar la detección de células cancerosas, todo a través de imágenes, otro claro ejemplo es el procesamiento de audio, son capaces de detectar palabras claves que se pueden usar para que con ayuda de algún dispositivo se realice una tarea específica, es el claro ejemplo de llamar a los asesores digitales como Siri, Google o Alexa.

Funcionamiento de las redes neuronales convolucionales

Estas redes pueden hacer uso de múltiples capas, cientos y cientos de ellas para lograr aprender a diferenciar diversas características de una imagen. Se usa la aplicación de diversos filtros a cada imagen con la que se realizara el entrenamiento con distintas resoluciones, la salida de cada imagen en el procesamiento digital se usa como una entrada para la capa que está por venir, cada filtro puede tener variaciones de distintos tipos, desde alguna característica muy simple como un borde o el brillo de la imagen, hasta algunas otras mucho más complejas como lo son los rasgos que definen a cada imagen como única.

Aprendizaje de características, capas y clasificación

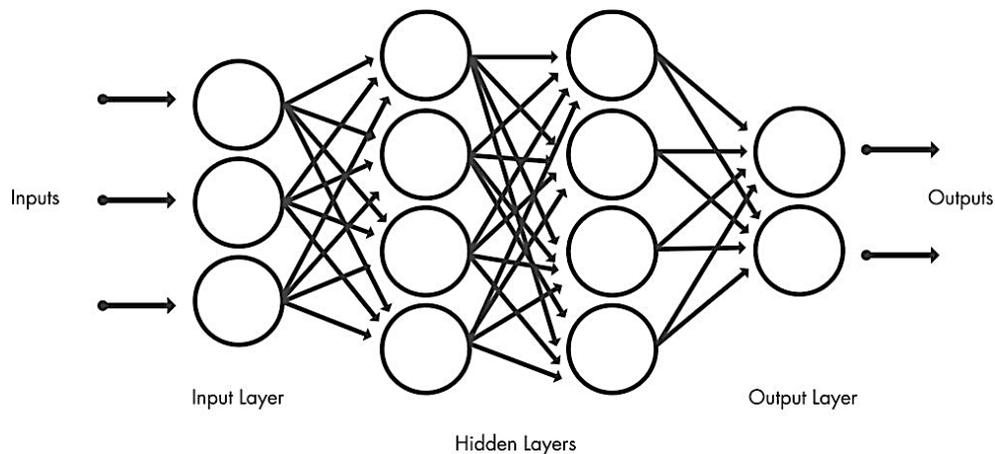


Figura 8 Aprendizaje de características, capas y clasificación (Mathworks, s.f.)

De la misma forma que otras redes neuronales, las convolucionales están conformadas por capas de entrada ya sea una o varias, una o varias capas de salida y varias capas ocultas. Las capas ocultas realizan operaciones para alterar los datos que se ingresaron en ellas para aprender alguna característica en específico de dichos datos, las capas más comunes son la capa de convolución, activación y pooling.

La capa de convolución ingresa a los datos o imágenes brindados como entrada a un conjunto de filtros convolucionales, los cuales cada uno de ellos activa alguna característica de las imágenes. La capa de activación permite que se pueda lograr de manera eficaz y más rápida el entrenamiento de la red al momento de asignar valores negativos a cero y mantener los valores que por lo contrario se mantienen positivos, se le llama también capa de activación debido a que solo las características que estén activadas pasan a la siguiente capa.

La capa de pooling es la capa que nos ayuda a simplificar la salida ya que se encarga de disminuir la tasa de muestreo y con ello reduce el número de parámetros que les necesario que la red logre aprender. Al final y después de aprender a través de algunas capas las características de los datos, se pasa a la capa de clasificación, en donde se determina la clasificación de cada imagen y este resultado sea el que salga de la red.

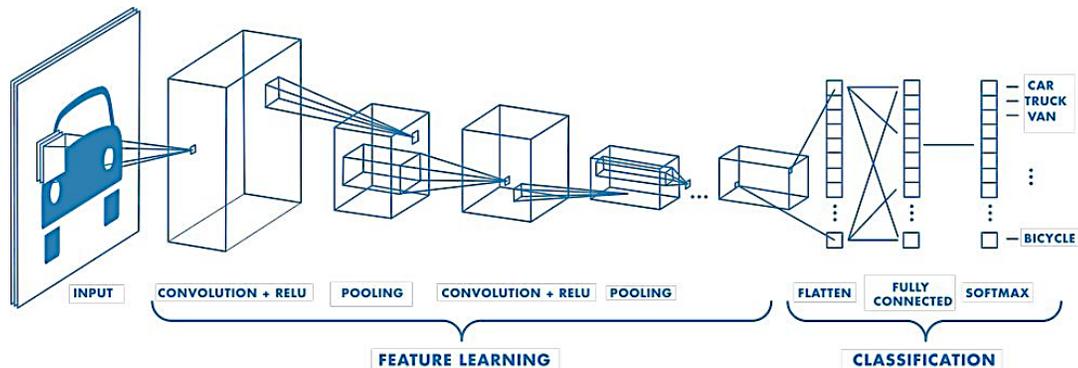


Figura 9 Ejemplo de una red con varias capas convolucionales. Se aplican filtros a cada imagen de entrenamiento con distintas resoluciones, y la salida de cada imagen convolucionada se emplea como entrada para la siguiente capa. (Mathworks, s.f.)

AlexNet

Desde el año 2010, el proyecto ImageNet ha lanzado anualmente un concurso de reconocimiento de imágenes, ILSVRC –ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge-. Uno de los parámetros utilizados para medir el éxito de los concursantes es el error de las cinco primeras (top-5 error). La red debe proponer cinco etiquetas diferentes a cada imagen. Si ninguna de ellas se corresponde con su descripción, se considera que se ha producido un fallo. Con el objetivo de batir el récord existente hasta entonces (top-5 error del 25%), en el año 2012, Alex Krizhevsky propuso, junto con su director de tesis Geoffrey Hinton, un nuevo modelo de red convolucional que logró reducir ese porcentaje hasta el 17%. Este nuevo modelo se conocería como AlexNet. (Rodríguez Abril, 2020)

Arquitectura de AlexNet

La arquitectura de la red se compone de cinco capas convolucionales y tres capas densas. Las salidas de las capas convolucionales son normalizadas por lotes (aunque el esquema de normalización del artículo original era ligeramente diferente). El kernel tiene dimensiones de 11×11 en la primera capa, 5×5 en la segunda, y 3×3 en el resto.

La primera, cuarta y quinta capas convolucionales vienen seguidas cada una de ellas por una capa de agrupación (max-pooling) de 3×3 , en la que existe un desplazamiento (stride) de dos, lo que provoca que haya un solapamiento de las celdas en la misma. Las capas convolucionales y de pooling vienen seguidas de tres capas densas.

Las dos primeras tienen 4.096 neuronas cada una. La última es la de salida. Está compuesta con 1.000 neuronas dotadas de una función de activación softmax. Son ellas las encargadas de realizar la clasificación de la imagen. Como suele ser usual en los sistemas de clasificación, la función de pérdida utilizada es la entropía cruzada. Las derivadas de esta última se retropropagan del modo usual. (Rodríguez Abril, 2020)

Funciones de Activación

La función de activación de todas las neuronas (salvo las de la capa de salida) es la función rectificadora, a diferencia de lo que sucedía en el modelo de LeCun, que utilizaba la tangente hiperbólica. La función rectificadora no sólo aproxima mejor el comportamiento de las neuronas del sistema nervioso, sino que además permite ahorrar capacidad computacional en la GPU. Para su cálculo basta simplemente con comprobar el signo del argumento, y con poner todos los bits del registro a cero, en el caso de que el número sea negativo. En cambio, para el cálculo de la tangente hiperbólica suele usarse un algoritmo de funciones polinómicas, denominado algoritmo de Volder, que requiere de un mayor uso de capacidad de cálculo. (Rodríguez Abril, 2020)

El funcionamiento interno de los mecanismos de convolución de AlexNet (y en general, de todas las redes convolucionales) fue objeto de un interesante estudio del año 2013 de los profesores de la Universidad de Nueva York Matthew D. Zeiler y Rob Fergus. Hasta este momento, la mayoría de los especialistas en aprendizaje profundo consideraban que el contenido de las capas de convolución ocultas, al no ser directamente visualizable, no podía ser interpretado por observadores externos. Y constituía lo que se conoce como un sistema de caja negra –black box-. Para analizar el comportamiento de AlexNet, los autores introdujeron el concepto de “convolución inversa” (Rodríguez Abril, 2020)

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1 Introducción

El tipo de investigación que se realiza en este proyecto es una investigación aplicada ya que se da a conocer el análisis de un determinado problema en especial, en este caso se toma el problema en la detección de rostros portando un cubre bocas, esto se llevara a cabo con la implementación de diferentes recursos como es el software Matlab usado para programar el sistema, los complementos de Deep Learning para la aplicación de la red neuronal y lo más importante es que esta misma, ya sea creada desde un inicio o implementada con mejoras para poder enfocarse a la problemática principal, así como el hardware utilizado. Se utilizará como hardware principal una Raspberry acompañada de periféricos como lo es una cámara que nos permitirá visualizar los resultados del sistema implementado.

Nuestro universo de estudio se centra en la identificación del cubrebocas, basado en la detección correcta de este articulo cuando se presenta colocado en el rostro de las personas, para ello se tiene una base de datos la cual tiene un número finito de imágenes donde se puede visualizar a diferentes personas usando diferentes cubrebocas, todo esto con la finalidad de poder estudiar estas imágenes y lograr conseguir que fueran clasificadas a modo de que pueda diferenciar un rostro humano cuando tiene colocado un cubrebocas y el caso contrario en donde las personas no tienen colocado el cubrebocas. Se entiende que la cantidad de imágenes almacenadas en la base de datos y que corresponde a la cantidad de datos que pueden ser analizados para el aprendizaje de la red neuronal puede aumentar mejorando la efectividad y productividad en su cometido.

3.2. Carga del sistema operativo Raspbian en una Raspberry

3.2.1. Raspberry

Esta placa tiene la capacidad de ser una computadora a menor escala que puede ser utilizado en diversas actividades que cualquier maquina puede realizar como manipular hojas de cálculo, procesar textos o incluso puede soportar el correr algunos videojuegos, todo depende del uso y enfoque para el que sea utilizada. Es una maquina sumamente efectiva, es sencilla de usar cuando ya se tiene conocimiento previo de sus funciones, su forma de brindar energía y al tener conocimientos de programación o computación.

3.2.2 Raspbian

Raspbian es el sistema operativo oficial. Una distribución que funciona muy bien para una gran variedad de usos. Puedes descargarlo desde la web oficial de Raspberry Pi. (Santamaria, 2020)

3.2.3 Componentes para la descarga

Los sistemas operativos de Raspberry Pi, Raspbian se instalan en tarjetas SD o MicroSD, por tanto, se necesita una tarjeta con suficiente capacidad como para albergar el sistema y los posibles datos que se deseen almacenar entre 8 y 16 GB suele ser más que suficiente, aunque dependerá del proyecto. (Santamarina, 2021)

3.2.4 Descarga de Raspbian.

1. Se acceso a <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>
2. Se descarga e instala el sistema operativo Raspberry Pi usando Raspberry Pi Imager en el equipo.
3. Se inserta la tarjeta MICRO SD con un adaptador a Tarjeta SD al equipo.
4. Seleccionamos el sistema operativo a utilizar desde Raspberry Pi Imager
5. Presionamos la combinación de teclas CTRL + SHIFT + X para abrir la pre-configuración del SO.
6. Elegimos la unidad donde se encuentra conectada la tarjeta MicroSD
7. Escribimos la imagen sobre la MicroSD y la verificamos.
8. Se puede retirar la tarjeta MicroSD de la computadora, e insertarla a la Raspberry

3.3 Cargar el soporte de Matlab a la RaspBerry.

3.3.1 Componentes

Para hacer la descarga del soporte de software de Matlab para Raspberry Pi 4 será necesaria la tarjeta MicroSD con el SO Raspbian instalado, así como tener descargado Matlab 2021.

3.3.2 Descarga de Matlab 2021

Es muy importante tener en cuenta que para este proyecto es necesario tener Matlab 2021, ya que por la versión de la Raspberry a utilizar (RaspBerry 4+) se necesita el support package más actual.

- La descarga se realiza directamente desde la página de Matlab.
- En la cual será necesario ingresar una cuenta de correo electrónico institucional para crear una cuenta en Matlab y utilizar los componentes completos.
- Una vez dentro, seleccionamos el producto a instalar y comenzará la descarga e instalación de la plataforma en el equipo.

3.2.3 Descarga e instalación de MATLAB Support Package for Raspberry Pi Hardware

- Desde Matlab R2021a, ubicamos el botón Add-Ons, se desplegará un pequeño Menú, donde seleccionaremos la opción Get Hardware Support Package

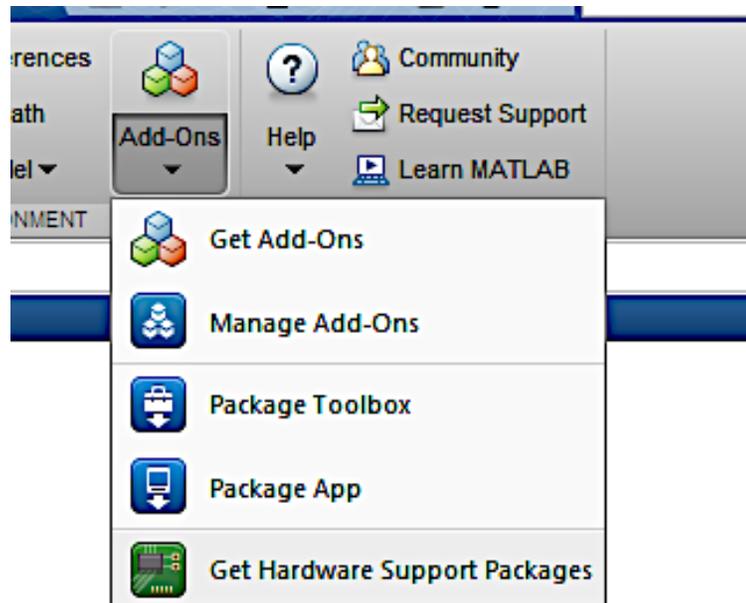


Figura 10 Acceso a descarga de Matlab Support Package

- Buscamos el soporte Simulink support package for RaspberryPi
- Se realiza la descarga e instalación del soporte sobre la tarjeta MicroSD
- Buscamos el soporte Raspberry Pi y comenzamos la descarga e instalación sobre la Tarjeta SD
- Una vez hecha la instalación de ambos soportes a la tarjeta MicroSD, se inserta en la Raspberry, y ésta a su vez se conecta a la corriente eléctrica con carga no mayor a 5V.
- La Placa Raspberry encenderá dos leds, uno rojo el cual indica que está recibiendo corriente, y uno verde, el cual deberá estar parpadeando en señal de que tanto el sistema operativo Raspbian, como los soportes de Matlab y Simulink se instalaron y están funcionando correctamente.



Figura 11 Raspberry con SO y Supports instalados correctamente (Alvares, s.f.)

3.4 Conexión Cámara - Raspberry.

Para este proyecto utilizaremos una Raspberry pi 4+, y una Cámara V2 para Raspberry.

3.4.1 Configurar el acceso a los periféricos de hardware de la RaspBerry pi

La conexión física se realiza de forma manual al insertar el componente a la ranura de cámara en la placa. Por lo que nos enfocaremos en el código de programación para la detección de la cámara y toma de imágenes. Para ello iniciamos con la inicialización de la Raspberry y la cámara, asignándole una resolución de 640 x 480.

```
mypi = raspi();  
myCam = cameraboard(mypi, 'Resolution','640x480');
```

3.4.2 Captura y muestra imagen en ciclo para imagen continua

```
mySnap = snapshot(myCam);  
imshow(mySnap);  
hold on
```

3.4.3 Inserta un rectángulo en el rostro detectado

```
fD = vision.CascadeObjectDetector();  
bbox = step(fD, mySnap);
```

```
imageOut = insertObjectAnnotation(mySnap,'rectangle',bbox,'Cara');  
imshow(imageOut);  
title('Detector de rostro');
```

3.4.4 Se genera un ciclo para repetir constantemente

```
flag =1;  
while flag  
    clearvars -except mypi myCam flag  
    mySnap = snapshot(myCam);  
    imshow(mySnap);  
    hold on  
    fD = vision.CascadeObjectDetector();  
    bbox = step(fD, mySnap);  
    imageOut = insertObjectAnnotation(mySnap,'rectangle',bbox,'Cara');  
    imshow(imageOut);  
    title('Detector de rostro');  
    drawnow  
end
```

3.4.5 Prueba de toma de imagen

Se corre el programa y podemos observar en pantalla que aparece una ventana donde vemos la imagen que va obteniendo la cámara, y a su vez, visualizamos el recuadro enmarcando el rostro.

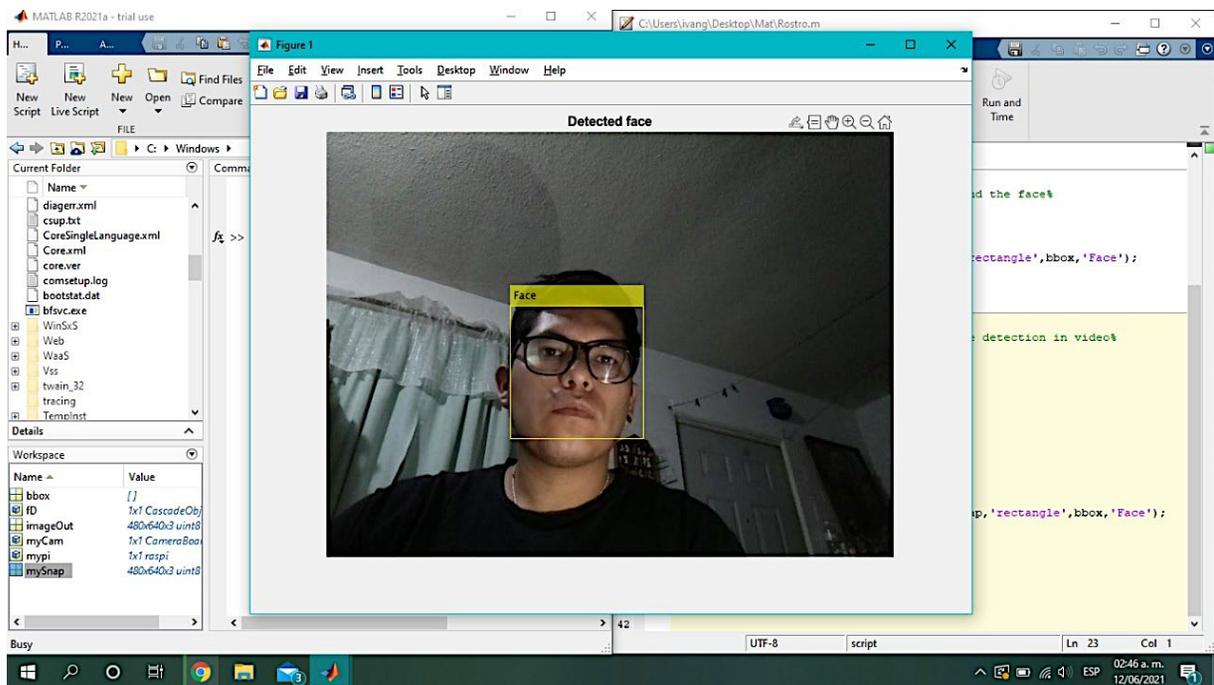


Figura 12 Prueba de toma de imagen con CameraV2 y RaspberryPi4+

3.5 Entrenamiento de la red neuronal Alexnet

La red neuronal convolucional Alexnet es un algoritmo de Deep Learning que está diseñado para trabajar con imágenes, tomando estas como input, asignándole importancias (pesos) a ciertos elementos en la imagen para así poder diferenciar unos de otros. Este es uno de los principales algoritmos que ha contribuido en el desarrollo y perfeccionamiento del campo de Visión por computadora.

Para su entrenamiento se le proporcionan datos nuevos que contienen clases previamente desconocidas y tras realizar algunos ajustes en la red, es posible realizar una tarea nueva, en este caso, detectar rostros con mascarilla y sin ella. Para entrenar a la red es importante haber creado previamente nuestra base de datos de imágenes para que la red categorice las imágenes en la categoría que buscamos que aprenda.

3.5.1 Creación de base de datos de imágenes

Crearemos dos carpetas, las cuales deben nombrarse como queremos que la red categorice nuestros resultados, en el caso de este proyecto renombramos las carpetas como “Con cubrebocas” y “Sin cubrebocas”

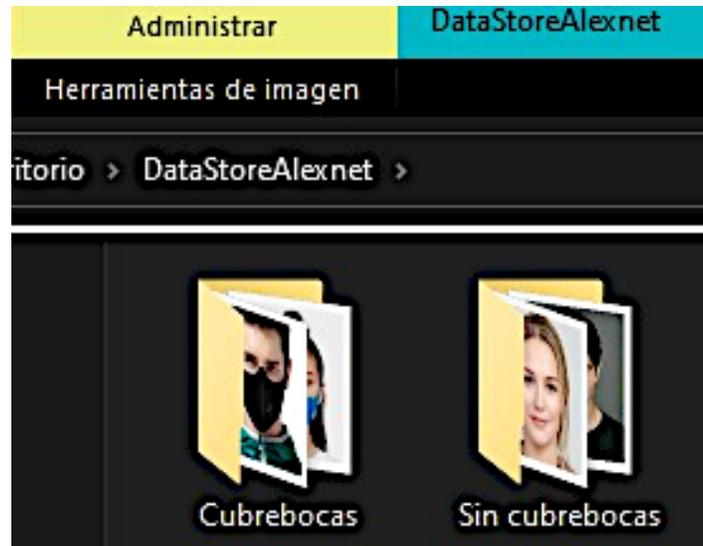


Figura 13 Categorización de imágenes para Re-entrenamiento de la red

Dentro de cada carpeta colocamos las imágenes que deseamos que reconozca la red neuronal para la categorización.

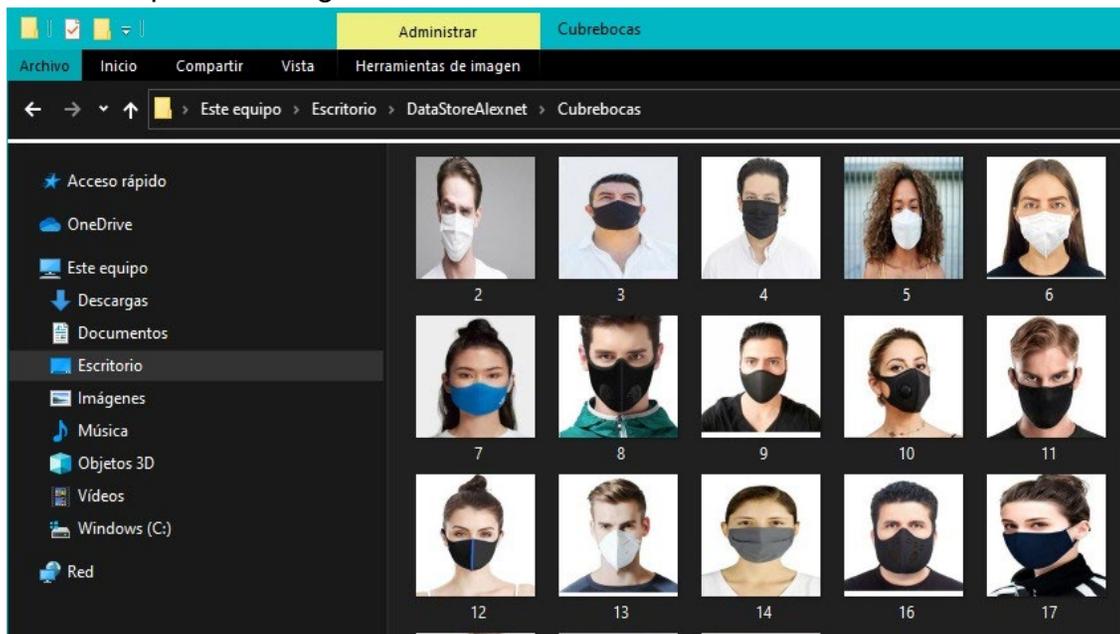


Figura 14 Categorización "con cubrebocas"

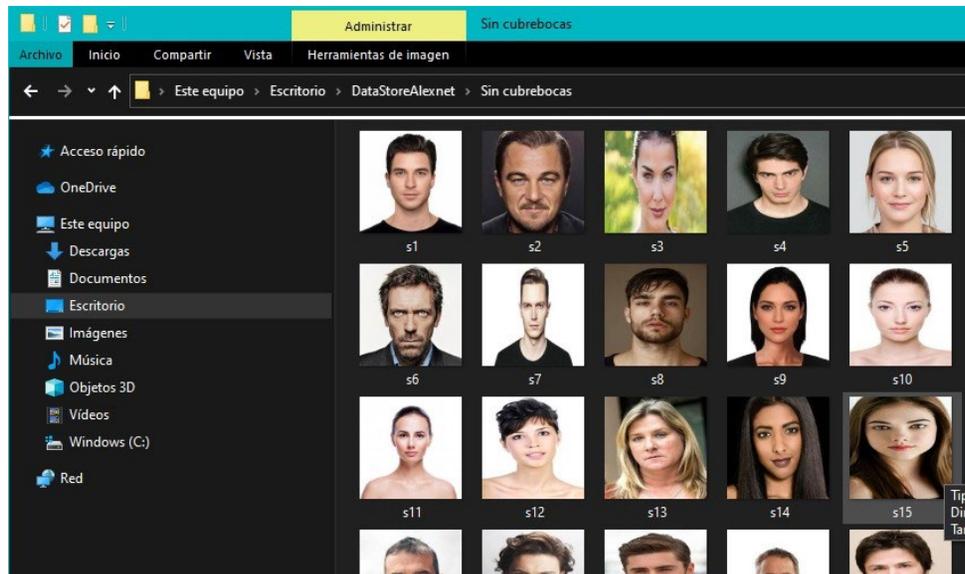


Figura 15 Categorización "Sin cubrebocas"

3.5.2 Carga de red neuronal convolucional existente.

```
alex = alexnet;
layers = alex.Layers
```

3.5.3 Modificación de la red usando dos categorías (con o sin mascarilla).

```
layers(23) = fullyConnectedLayer(2);
layers(25) = classificationLayer
```

3.5.4 Configuración de los datos de entrenamiento

```
allImages = imageDatastore('C:\Users\ivang\Desktop\DataStoreAlexnet',
'IncludeSubfolders', true, 'LabelSource', 'foldernames');
[trainingImages, testImages] = splitEachLabel(allImages, 0.8,
'randomize');
```

3.5.5 Re-entrenamiento de la red

```
opts = trainingOptions('sgdm', 'InitialLearnRate', 0.001, 'MaxEpochs', 20,
'MiniBatchSize', 64);
myNet = trainNetwork(trainingImages, layers, opts);
```

3.6 Aplicación de la red entrenada a la toma de imágenes desde la cámara de manera automática.

De primera instancia debemos saber que la red neuronal utilizada en este proyecto es Alexnet, la cual fue previamente reentrenada para la identificación de rostros portando cubre bocas y sin él. A la red reentrenada le llamaremos:

```
myNet = trainNetwork(trainingImages, layers, opts);
```

3.6.1 Calculo de la precisión de la nueva red

```
predictedLabels = classify(myNet, testImages);  
accuracy = mean(predictedLabels == testImages.Labels)
```

3.6.2 Creamos DataStore de prueba

```
allImages = imageDatastore('C:\Users\ivang\Desktop\DataStoreAlexnet',  
'IncludeSubfolders', true, 'LabelSource', 'foldernames');
```

3.6.3 Configurar el acceso a los periféricos de hardware de la raspberry pi

```
mypi = raspi();  
myCam = cameraboard(mypi, 'Resolution','640x480');
```

3.6.4 Captura y muestra imagen

```
while true  
    im = snapshot(myCam);                % Toma de imagen  
    image(im);                          % Muestra la imagen  
    im = imresize(im,[227 227]);        % Cambia el tamaño de la imagen  
    label = classify(myNet,im);          % Clasifica la imagen tomada  
    title(char(label));                 % Muestra la clasificacion en una etiqueta  
    drawnow  
end  
%%
```

CAPITULO IV ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Pruebas.

El código de toma de imagen y aplicación automática de MyNet (AlexNet Reentrenada) a las imágenes tomadas, hace que el proyecto genere información de forma precisa y en tiempo real. Es por lo que durante nuestras pruebas podemos observar cómo al colocarse frente a la cámara sin cubrirse las bocas o con él, el mecanismo coloca de forma automática una etiqueta en la parte superior de la imagen mostrándonos la clasificación asignada por la red neuronal convolucional.

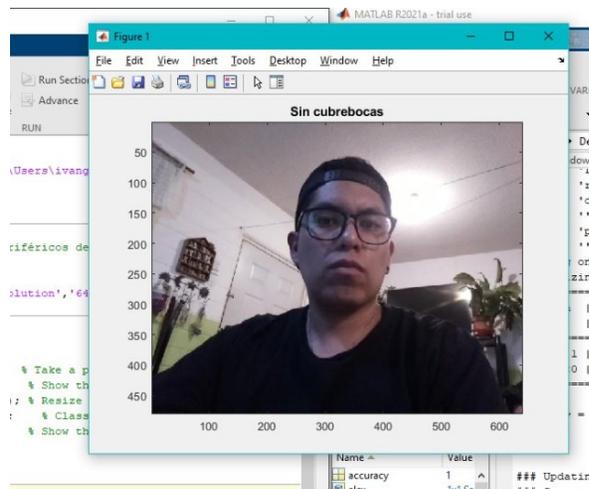


Figura 16 Prueba 1 Clasificación "Sin cubrebocas"

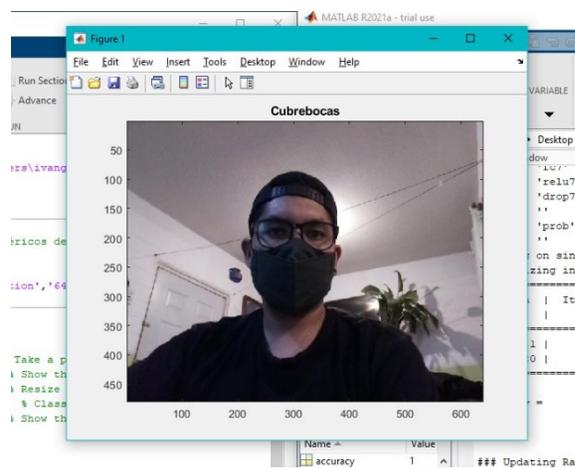


Figura 17 Prueba 1 Clasificación "Con Cubrebocas"

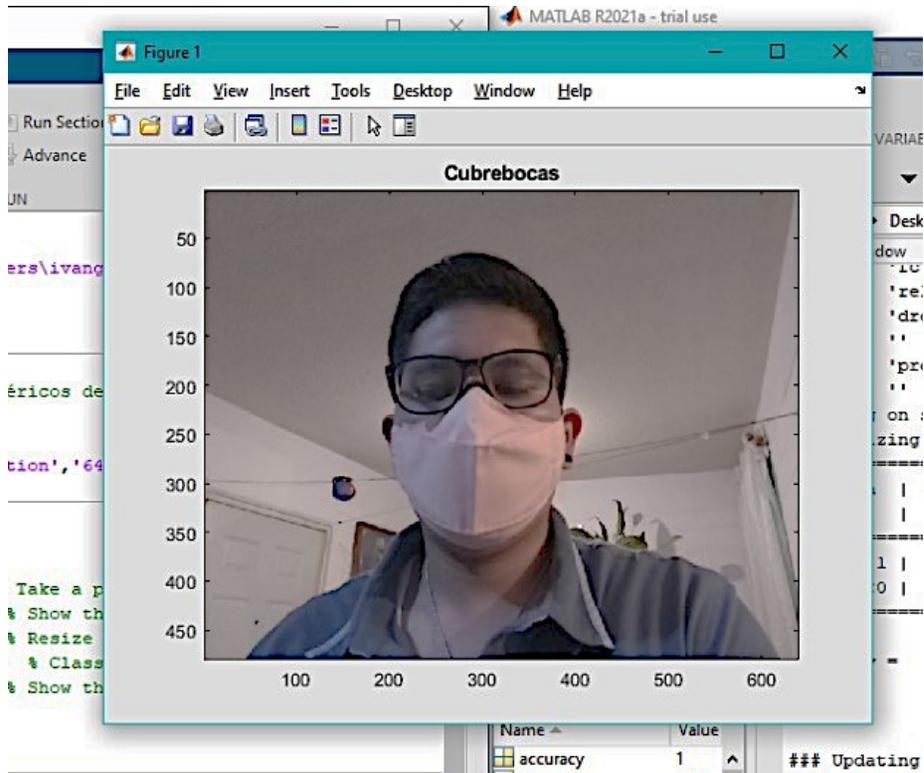


Figura 18 Prueba 2 Categorización "Con cubrebocas"

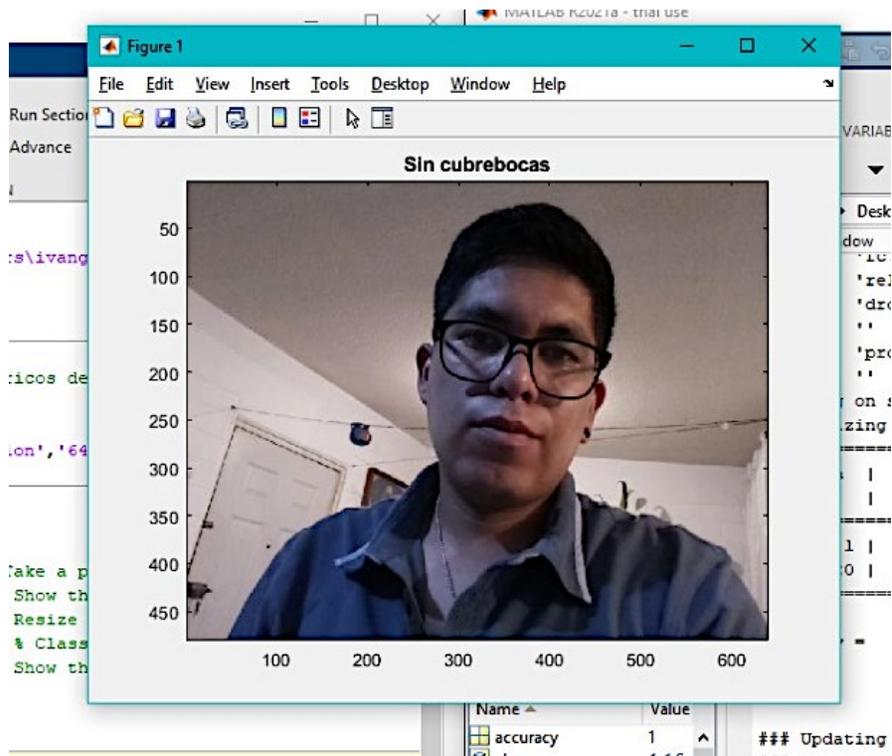


Figura 19 Prueba 2 Categorización "Sin cubrebocas"

4.2 Resultados del proyecto

Después de haber realizado este proyecto, nos damos cuenta de que se cumplió con el objetivo de una manera satisfactoria y que de igual manera se alcanzaron los objetivos específicos, además el sistema se construyó en tiempo y forma, por lo que se tiene disponible para cuando se necesite utilizar, esto es de vital importancia en la actualidad pues no solo el reconocimiento facial sino las tecnologías en general deben ir evolucionando constantemente y adaptándose a los nuevos requerimientos para ejecutar su función de una forma precisa y correcta.

El sistema ayudara en el TESE por el momento, pero se espera poder adaptar el sistema en otras escuelas, así como en empresas que en su debido momento lleguen a necesitar implementar un sistema como este. También una ventaja muy buena es que los resultados se tienen en tiempo real, lo que ayuda en las medidas preventivas que se necesiten tomar de acuerdo con los datos que se obtengan. Para este proyecto, se espera que el sistema se pueda implementarse a otros proyectos ampliando de manera considerable el campo de uso.

CONCLUSIONES

Aunque no es la primera red neuronal que funciona solo en la GPU, las innovaciones introducidas por AlexNet, en particular la presencia de unidades ReLU y la exclusión parcial de neuronas durante el entrenamiento, se han utilizado en los últimos años, por ejemplo, en el reconocimiento de especies de árboles o reconocimiento de rostros.

Por lo que la realización de este proyecto fue un gran desafío en aportar un sistema de verificación de acceso que en el control autónomo para el acceso a las instalaciones de una manera seguro y cumpliendo con las medidas sanitarias ya que la pandemia sigue vigente y el riesgo de contraer el virus COVID 19 siempre está latente.

Se espera que ayude principalmente a los alumnos del tecnológico de estudios superiores de Ecatepec, así como empresas que requieran de la verificación de acceso con el uso de medidas sanitarias.

RECOMENDACIONES

Al finalizar la investigación y validar los resultados obtenidos se puede brindar como área de oportunidad el continuar con el entrenamiento de las redes neuronales, añadir detalles a la forma de entrenarlas para que detecten los cubre bocas sin importar la parte del color o tipo de este, añadir etiquetas diferentes para que nos indique no solo si el cubre bocas está colocado en el rostro de las personas si no también detectar que este colocado correctamente.

Otra mejora que podría tener el sistema de detección de cubrebocas sería añadir más elementos a la base de datos de la que se alimenta para que pueda ser óptimo en cualquier estado incluyendo factores de la naturaleza como lo es la iluminación en la zona donde se coloca el sistema o la hora del día en que tenga que ser utilizado.

El sistema es recomendable para ser usado por empresas y escuelas que son algunas de las instituciones más comunes que necesitan un control de acceso específico y óptimo para evitar incidentes dentro de ellas. Sin embargo este instrumento puede llegar a ser utilizado en otras áreas por ejemplo en un cruce vehicular donde pueda detectar si una persona en motocicleta está usando su casco y si lo hace de forma correcta, enfocar el entrenamiento de las redes neuronales al uso de casco y que el semáforo este condicionada para cambiar de color hasta que la persona en motocicleta tenga colocado el casco de forma correcta, sigue con la idea de ayudar a prevenir incidentes de salud pero enfocándolo a un ámbito fuera de virus o enfermedades.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvares, E. (s.f.). *Computer hoy*. Obtenido de <https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/raspberry-pi-4-guerra-ofertas-amazon-aliexpress-ofrecer-mejor-precio-532141>
- Effrain. (19 de Marzo de 2020). *Course Hero*. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/100807445/covid-19docx/>
- Esquivvel, L. (17 de Agosto de 2020). *Dinero en imagen*. Obtenido de <https://www.dineroenimagen.com/economia/los-sectores-ganadores-y-los-mas-golpeados-por-la-pandemia-en-mexico/125854>
- Fiter, M. (7 de Junio de 2020). *El independiente*. Obtenido de <https://www.elindependiente.com/futuro/2020/06/07/la-lucha-del-reconocimiento-facial-contra-el-covid-asi-aprende-a-reconocer-mascarillas/>
- Goodnight, J. (20 de Agosto de 2021). *SAS (Software y Soluciones de Analítica)*. Obtenido de https://www.sas.com/es_mx/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html
- Guzman, A. M. (Mayo de 2020). *colegio de sociologos peru*. Obtenido de <https://colegiodesociologosperu.org.pe/wp-content/uploads/El-Coronavirus-y-su-impacto-en-la-sociedad-actual-y-futura-mayo-2020.pdf>
- Integra, N. (2020). *Nexus Integra*. Obtenido de <https://nexusintegra.io/es/ventajas-y-desventajas-de-la-inteligencia-artificial/>
- kaspersky. (20 de Agosto de 2020). *kaspersky.es*. Obtenido de <https://www.kaspersky.es/resource-center/definitions/what-is-facial-recognition>
- Mathworks. (s.f.). *mathworks*. Obtenido de <https://es.mathworks.com/discovery/convolutional-neural-network-matlab.html>
- Miranda, G. (Diciembre de 2019). *scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0035-00522019000600213&script=sci_arttext
- Murillo, D. G. (03 de 2001). *Academia*. Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36957218/redesneuronales-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1642952460&Signature=TiGfBHxY~fzda2opom8W5GYdRVkO4q6aJgWsagnpK0MtwntBhFGO31-SFGxAenY0cT4BKoSMCU625vPDYOCNS9qL343688iRy3UvqNWde2QFNNpt5aNjGBMx9cilZXh1U6hjrQUPatIE>
- Rodriguez, L. (Noviembre de 2021). *Artyco*. Obtenido de [Qué son las redes neuronales y cuál es su aplicación en el marketing: https://artyco.com/que-son-las-redes-neuronales-y-cual-es-su-aplicacion-en-el-marketing/](https://artyco.com/que-son-las-redes-neuronales-y-cual-es-su-aplicacion-en-el-marketing/)
- Rodriguez Abril, R. (Agosto de 2020). *LM*. Obtenido de [AlexNet: https://lamaquinaoraculo.com/computacion/alexnet/](https://lamaquinaoraculo.com/computacion/alexnet/)

- Rosselli, D. (Julio de 2020). *press*. Obtenido de <https://press.ispor.org/LatinAmerica/wp-content/uploads/2020/07/Pandemias.pdf>
- Salud, O. M. (s.f.). *Organización Panamericana de Saludo*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/coronavirus>
- Santamaria, P. (6 de Abril de 2020). *El Output*. Obtenido de <https://eloutput.com/productos/gadgets/sistemas-operativos-raspberry-pi-usos-recomendaciones/>
- Santamarina, P. (8 de Septiembre de 2021). *El Output*. Obtenido de <https://eloutput.com/productos/domotica/instalar-so-raspberry-pi-herramientas/>
- Saynet. (10 de Marzo de 2020). *Saynet: Seguridad Informatica* . Obtenido de <https://saynet.com.mx/impacto-de-la-tecnologia-por-el-covid-19/>
- Tolosa, A. (18 de Mayo de 2020). *Genetica Medica News*. Obtenido de https://genotipia.com/genetica_medica_news/coronavirus-estructura-infeccion-celulas/
- World, C. (11 de Novimebre de 2020). *ComputerWorld from IDG*. Obtenido de <https://www.computerworld.es/tendencias/las-grandes-tecnologias-de-la-era-covid>