

JEFATURA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

Predicción de neumonía por COVID-19 en radiografías de tórax, utilizando Inteligencia Artificial

Carreras Involucradas: SISTEMAS DE INFORMACIÓN,

Director del Proyecto

SEBASTIAN QUEVEDO SACOTO - 0301826434

Colaboradores del Proyecto

MATA QUEVEDO PAUL - 0301455838

MÉNDEZ VÉLEZ SEGUNDO - 0300841723

CUENCA TÁPIA JUAN PABLO - 0301579579

Código de Proyecto: PICCOVID-19-6

Cuenca, abril de 2020

Versión 1.0

1 TABLA DE CONTENIDOS

1	TABLA DE CONTENIDOS	2
2	DATOS GENERALES DEL PROYECTO	3
3	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS Y PARTICIPANTES Y BENEFICIARIOS	3
3.1	INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO	3
3.2	INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO	4
3.3	ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO	4
3.4	BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
3.5	PERMISOS O AVALES	5
4	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	5
4.1	RESUMEN DEL PROYECTO	5
4.2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
4.3	MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	6
4.4	PALABRAS CLAVE	7
4.5	DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	7
4.6	OBJETIVOS	8
4.6.1	<i>GENERAL</i>	8
4.6.2	<i>ESPECÍFICOS</i>	8
4.7	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	8
4.8	TRANSFERENCIA DE RESULTADOS	8
4.9	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (ANEXO I)	9
5	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CIENTÍFICAS CITADAS	9
	REFERENCIAS	9

2 DATOS GENERALES DEL PROYECTO

TÍTULO					
Predicción de neumonía por COVID-19 en radiografías de tórax, utilizando Inteligencia Artificial					
DIRECTOR DEL PROYECTO					
SEBASTIAN QUEVEDO SACOTO - 0301826434					
CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN					
Centro de Investigación Sede Azogues					
Grupo de Investigación SISTEMAS DE INFORMACIÓN,					
LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL					
Para información sobre las líneas de investigación dirigirse al enlace Lineas y Ambitos de Investigación Institucionales .					
CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO					
Consultar el código del campo y de la disciplina según UNESCO en el enlace SKOS					
Campo	33	Disciplina	3314	Subdisciplina	331499
Programa: En caso de que el proyecto sea parte de un programa.					
TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO					
Duración del proyecto en meses			18		
TIPO FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO					
Monto total del financiamiento proyecto			3500		

3 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS Y PARTICIPANTES Y BENEFICIARIOS

3.1 INSTITUCIONES INVOLUCRADAS EN EL PROYECTO

Incluir una tabla por cada institución con las cuales se compartirá la investigación, agregue tantas instituciones como sean necesarias.

En el caso de que la investigación será colaborada o co-ejecutada con una o más instituciones, involucrando aporte monetario, personal científico e infraestructura, se deberá completar los datos de dichas instituciones en la tabla a continuación. Además, deberá incluir una carta de entendimiento entre la Institución Postulante y cada institución co-ejecutora, en la cual se

establezca claramente cuál será la naturaleza de la participación y el grado de responsabilidad de cada institución durante la ejecución del proyecto.

Institución Ejecutora Principal:		Universidad Católica de Cuenca		
Dirección:	Ciudad:	Correo electrónico:	Dirección Web:	Teléfonos / Fax:
Av. de las Américas y Humbolt	Cuenca	info@ucacue.edu.ec	https://www.ucacue.edu.ec/	593 (07) 2-830-751 / 2-830-877 / 2-824-365

3.2 INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Nota: Debe incluirse al personal tanto de la UCACUE, como de la(s) institución(es) que comparten la investigación. Si es necesario añada una tabla por cada colaborador del equipo científico-técnico del proyecto. No se deben insertar Curriculum Vitae detallados, solamente los campos requeridos.

COLABORADORES INTERNOS DEL PROYECTO

MATA QUEVEDO PAUL - 0301455838
MÉNDEZ VÉLEZ SEGUNDO - 0300841723
CUENCA TÁPIA JUAN PABLO - 0301579579

COLABORADORES EXTERNOS DEL PROYECTO

Salinas Vázquez Pablo Segundo - Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, Hospital Clínico - Quirúrgico "Hermanos Ameijeiras"

3.3 ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Determinar el detalle de estudiantes (cuáles y cuántas) que participarán directamente en las actividades del proyecto. (Añada tantas filas como sea necesario)

ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

Guaman Guzman Edison Eduardo - 0302613039
Calle González Cesar Andrés - 0302495924
Diego Gabriel Fajardo Uzcha - 0302986153
Diego Eduardo León Pacheco - 0301961819
Herman Leonel Barraqueta Calle - 0350012191
Jose Luis Lema Espinoza - 0302731120
Alex Fernando Minchala Pauzhi - 0302682638
Jonnatha Ismael Crespo Guillen - 0302633581

3.4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Descripción Beneficiarios Directos
<p>-Beneficiarios directos:</p> <p>Médicos del Ecuador y el mundo que utilicen la aplicación como ayuda para confirmación del diagnóstico del covid-19.</p> <p>Docentes y estudiantes pertenecientes a las diferentes Unidades Académicas pueden formar parte del equipo de investigadores, debido al carácter multidisciplinario del proyecto y por poseer un enfoque de investigación cuantitativa como cualitativa.</p> <p>-Beneficiarios indirectos:</p> <p>Las personas, empresas, instituciones en general que pueden utilizar la información generada y procesada por el software propuesta en este proyecto.</p>

Estimar. Beneficiarios directos

Estimar personas o instituciones (cuáles y cuántas) que obtendrán una solución a un problema específico como resultado del desarrollo del proyecto; por ejemplo, personas con discapacidad que utilizarán un nuevo tipo de prótesis, usuarios de nuevos sistemas de comunicación, personas que habitarán casas construidas con materiales ecológicos, etc.

Estimar. Beneficiarios indirectos

Estimar las personas o instituciones (cuáles y cuántas) que podrían tener interés en utilizar los resultados generados por el proyecto para su beneficio, aunque no participarán directamente en el desarrollo del mismo; como, por ejemplo, estudiantes y profesionales de un área determinada, grupos comunitarios, el sector industrial, organizaciones gubernamentales, etc.

3.5 PERMISOS O AVALES.

Descripción
<p>SI - Es necesario ya que se utilizarán radiografías de RX de pacientes que tengan covid-19 para entrenar el modelo, es necesario ocultar la información personal del paciente.</p>

4 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

4.1 RESUMEN DEL PROYECTO

La pandemia global declarada por la Organización Mundial de la Salud, fruto del coronavirus (COVID-19), obligó a los gobiernos de todo el mundo a tomar medidas urgentes para controlar esta enfermedad; lamentablemente, en el Ecuador está provocando grandes estragos y dificultades en el sistema de salud público y privado; por ello, tener herramientas que permitan la detección de la enfermedad es fundamental para luchar con este problema mundial. Entonces, el presente proyecto de investigación propone la creación de un modelo de predicción, que utilizará un algoritmo de Inteligencia Artificial de aprendizaje profundo e imágenes radiográficas del tórax, permitiendo determinar la presencia de neumonía COVID-19. Para lograr este objetivo se entrenará el modelo con las imágenes recolectadas -radiografías en pacientes positivos con COVID-19-; además, es necesario la creación de una aplicación móvil que permita enviar las imágenes de radiografías tomadas en pacientes, hacia el modelo de predicción mediante el uso del internet, como medio de comunicación. Por último, se verificará el modelo de predicción y su eficacia, proponiendo un método de validación en el cual un grupo de expertos en el área

contrapondrá versus el modelo y así crear un indicador que mida la eficacia y factibilidad del modelo.

4.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El 11 de marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS), declaró que un brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19), había alcanzado el nivel de pandemia global. La OMS pidió a los gobiernos que tomaran medidas urgentes y contundentes para detener la propagación del virus. En tal virtud, el Ecuador es uno de los países más golpeados por la propagación del coronavirus en América Latina; entonces, los organismos internacionales sostienen que esta situación de emergencia sanitaria conllevará a una crisis económica.

Se espera que los casos diarios de infectados por la COVID-19 aumenten en todo el mundo, un factor significativo que limita el diagnóstico es la duración de las pruebas de patología para el virus. Entre los métodos de prueba para la detección del virus existen pruebas de laboratorio, pruebas de detección de anticuerpos y las radiografías del tórax. De este último las radiografías de tórax en varios países del mundo es el primer método de imagen para diagnosticar la infección por coronavirus (COVID-19). Estas pueden ayudar algunas veces a identificar y caracterizar patologías de pulmón y, han arrojado hallazgos no concretos con la referida infección; Sin embargo, interpretar las imágenes para obtener un diagnóstico correcto requiere de personal entendido en las visualizaciones de imágenes, como especialistas en Radiología o Neumología. En nuestro país existen centros médicos o de atención sanitaria, que lamentablemente, no cuentan con los especialistas ya mencionados.

Ante este problema, aparecen las siguientes preguntas de investigación:

¿Es posible detectar la presencia de Neumonía por la COVID-19 en radiografías médicas utilizando Inteligencia Artificial?

¿Se puede utilizar una aplicación móvil como intermediario para el envío de las imágenes al modelo de predicción COVID-19?

¿Es posible confiar en las predicciones del modelo de inteligencia artificial para diagnosticar COVID-19?

4.3 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

En el campo de las ciencias de la computación, específicamente en la visión por computador ha existido un gran avance desde el año 2012, esto gracias a que los algoritmos de aprendizaje profundo -Sub área de la inteligencia artificial-, empezaron a aprovechar las nuevas capacidades de hardware creadas por compañías como NVIDIA y AMD, estas han estado invirtiendo miles de millones de dólares en el desarrollo de chips rápidos y masivamente paralelos; otro frente importante en este avance ha sido la data. Francois Chollet manifiesta: “La Inteligencia artificial a veces se anuncia como la nueva revolución industrial. Si el aprendizaje profundo es la máquina de vapor de esta revolución, entonces los datos son su carbón”[1]. A partir de esta última década se ha despertado un gran interés en la comunidad científica para crear nuevos algoritmos de aprendizaje profundo, buscando solucionar los problemas de visión por computador[2,3,4,5,6].

Los algoritmos que más éxito han tenido resolviendo problemas de visión por computador, han sido las Redes Neuronales Convolucionales (RNC) que son un tipo de Red Neuronal Artificial con aprendizaje supervisado, estas redes procesan sus capas imitando al cortex visual del ojo humano para identificar distintas características en las entradas, que en definitiva hacen que pueda identificar objetos[7].

Las RNC han resuelto múltiples problemas y sus aplicaciones son diversas como, por ejemplo: Autos sin conductor, reconocimiento facial, análisis de documentos, análisis de videos, detección de anomalías en imágenes y, reconocimiento de enfermedades en radiografías y resonancias magnéticas[8]. Sobre esta última aplicación y en concordancia con la problemática de neumonía

por COVID-19, existe una investigación realizada en la Universidad de Stanford sobre la detección de neumonía de tórax con aprendizaje profundo, en donde desarrollaron un algoritmo que puede detectar la neumonía de las radiografías de tórax a un nivel superior a los radiólogos practicantes. Para esto, utilizaron el mayor conjunto de datos de radiografía de tórax disponible públicamente, que contiene más de 100,000 imágenes de rayos X de vista frontal con 14 enfermedades[9]. En esta línea de investigación, la Universidad de Stanford lanzó en 2019 de manera gratuita un conjunto de datos de radiografías de tórax, conjuntamente con una competencia para la interpretación automática de rayos X de tórax, que presenta etiquetas de incertidumbre y conjuntos de evaluación estándar de referencia etiquetados por radiólogos[10]. El objetivo de esta competencia es la interpretación automatizada de la radiografía de tórax a nivel de radiólogos en ejercicio, para proporcionar un beneficio sustancial en muchos entornos médicos, desde la mejora de la priorización del flujo de trabajo y el apoyo a la decisión clínica, hasta la detección a gran escala y las iniciativas de salud de la población mundial. En la actualidad existe un proyecto[11], que logró un rendimiento del 94% en la predicción de 5 patologías y que es el estado del arte en esta problemática, como resultado de este proyecto en promedio pueden hacer la detección de anomalías mejor que 2.6 de 3 radiólogos.

4.4 PALABRAS CLAVE

covid-19, predicción, radiografías , aplicación, aplicación móvil

4.5 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

Para el desarrollo de esta propuesta de investigación se considera tres procesos macros: el primero, corresponde a la creación del modelo de predicción; el segundo, la creación de la aplicación móvil; y el tercero, la validación del modelo.

En la creación del modelo de predicción para COVID-19, es necesario recolectar la información de imágenes de radiografías de tórax y con estas imágenes entrenar el modelo de aprendizaje profundo. La población actual de infectados con la enfermedad COVID-19 hasta la escritura de este informe hacienda a 37.355 personas en todo el Ecuador. Sobre la muestra de datos a utilizar para el entrenamiento del modelo, es necesario aclarar que mientras más ejemplos exista, el modelo se entrena de mejor manera y es incierto dar una cifra concreta. Sin embargo, en la comunidad científica de aprendizaje profundo se habla del orden de más de 1000 ejemplos, en este caso se tomara una muestra mínima de 3700 imágenes que corresponden al 10% del total de infectados. En la recolección de imágenes radiográficas de pacientes con la enfermedad COVID-19, se utilizará la técnica de recolección de datos de tipo análisis documental, que permite obtener los datos de fuentes primarias y entrevistas focalizadas para obtener datos confiables. En el entrenamiento del modelo de aprendizaje profundo el proceso de entrenamiento consiste en 5 etapas; a saber: El primero, corresponde a la inicialización de los hiper parámetros del modelo; el segundo, consiste en tomar el conjunto de datos de entrenamiento para pasarlos por la red; el tercero, se procede a comparar las predicciones obtenidas con los valores de las etiquetas esperadas y se calcula el error del modelo; el cuarto, realiza una propagación hacia atrás del error para ajustar los parámetros del modelo; y el quinto, radica en seguir iterando en los pasos anteriores hasta que se considere que el modelo es el adecuado.

Para el desarrollo de la aplicación móvil se utilizará la metodología de desarrollo ágil Scrum, que permite la entrega de proyectos complejos utilizando la estrategia de dividir los problemas grandes en problemas más pequeños y simples; por último, consolidar y conformar el producto final. Esta metodología además se orienta a la entrega de resultados durante una cantidad de tiempo específica dependiendo del proyecto, normalmente de entre 7 a 30 días.

Para la validación del modelo se utilizará la metodología propuesta por [17]. En el cual, existe una junta de Calificadores expertos que examinan el conjunto de datos de la validación. Una decisión mayoritaria simple (una imagen se clasifica como COVID-19 si $\geq 50\%$ de los expertos lo calificaron como referenciarle). Los calificadores son anonimizados a los juicios de otros calificadores.

4.6 OBJETIVOS

4.6.1 GENERAL

Diseñar un modelo de predicción utilizando un algoritmo de Inteligencia Artificial de aprendizaje profundo e imágenes de radiografías de tórax, para determinar la presencia de neumonía por la enfermedad COVID-19.

4.6.2 ESPECÍFICOS

1. Obtener imágenes radiográficas en pacientes con la enfermedad COVID-19, gestionando la adquisición de los datos en diferentes centros de salud del Ecuador, para entrenar el modelo de predicción.
2. Implementar una aplicación móvil que permita enviar las imágenes de radiografías tomadas a pacientes hacia el modelo de predicción, utilizando el internet como medio de comunicación para determinar la presencia o ausencia de la enfermedad COVID-19 en las imágenes receptadas por el modelo.
3. Validar el modelo de predicción de la enfermedad COVID-19, utilizando un conjunto de datos de validación que fueron diagnosticados por un grupo de expertos, para determinar el grado de confiabilidad del modelo.

4.7 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la construcción de modelos con inteligencia artificial, específicamente el aprendizaje profundo es un paso fundamental en el entrenamiento del modelo. Este entrenamiento se realiza utilizando datos; pues, en el aprendizaje profundo se necesitan grandes cantidades de datos[12,13]. En este sentido, la propuesta para detectar la enfermedad por coronavirus COVID-19 en radiografías de tórax, se necesita de imágenes que estén etiquetadas con el diagnóstico, hasta la presente fecha en el Ecuador existen 8450 casos confirmados por COVID-19[14]; e incluso, en el supuesto que en todos los casos existan imágenes de tórax etiquetados con la enfermedad, lastimosamente la cantidad de datos sería insuficiente. Este inconveniente se puede superar, puesto que afortunadamente en los algoritmos de aprendizaje profundo se puede aplicar una técnica novedosa que se conoce como transferencia de aprendizaje[15], esta permitiría aprender del conocimiento de algoritmos que sea han utilizado para este mismo propósito como en[9]. Con los datos recolectados en los diferentes centros de salud del Ecuador, complementados con la transferencia de aprendizaje y el entrenamiento del modelo de predicción, permitiría obtener resultados prometedores en la detección de la enfermedad COVID-19.

Solucionado el problema del entrenamiento y creación del modelo de aprendizaje profundo, es importante crear un sistema de información que permita interactuar con el modelo; Igualmente, es trascendental tener en cuenta los requerimientos funcionales para el éxito del proyecto. Tomando en cuenta que los centros de atención médica del Ecuador disponen de pocos recursos computacionales -Falta de equipos de cómputo-, se pueden aprovechar la ubicuidad de los dispositivos móviles que servirían como intermediarios entre la interacción Médico-Predicción COVID-2019[16]. La aplicación tendrá una interfaz de usuario que le permitiría al médico subir una imagen de radiografía de tórax y enviarla por internet hacia el modelo de predicción. Finalmente, el modelo analiza la imagen y devuelve la predicción de la existencia COVID-19, adhiriendo un marcador que muestra el sector afectado por la enfermedad.

Para validar el modelo se utilizará un conjunto de imágenes de 200 estudios de pacientes. Este conjunto de validación será etiquetado por tres especialistas certificados, para que diagnostiquen individualmente cada uno de los estudios en el referido conjunto de validación, clasificando cada observación de las imágenes radiográficas como, por ejemplo: Normal y COVID-19. El resultado de estas anotaciones se considerará como la estricta verdad fundamental y serán utilizadas para medir el grado de acierto del modelo implementado[17].

4.8 TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

Publicaciones con ISSN planificadas en la propuesta

1. Publicación en revistas de alto impacto con indexación en scopus.
2. Organización de talleres con participación de los beneficiarios del proyecto.
3. participación de los investigadores en congresos nacionales e internacionales.
4. Transferencia tecnológica o prestación de servicio de los productos desarrollados..

**La base de datos debe ser reconocida por el ente evaluador CACES*

4.9 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (Anexo I)

Cronograma tentativo a desarrollar.
<ol style="list-style-type: none"> 1. Primero al Cuarto mes, recolección de la información. 2. Quinto al Doceavo mes, construcción del modelo de predicción. 3. Treceavo al Dieciochoavo mes, validación y publicación de los resultados

5 BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS CIENTÍFICAS CITADAS

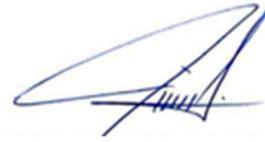
Referencias

- [1] F. Chollet. Deep Learning with Python. Manning Publications Company, 2017. isbn: 9781617294433. url: <https://books.google.com.ec/books?id=Yo3CAQAACAAJ>.
- [2] Christian Szegedy, Sergey Ioffe, Vincent Vanhoucke y Alexander A Alemi. "Inception-v4, inception-resnet and the impact of residual connections on learning". En: Thirty-first AAAI conference on artificial intelligence. 2017.
- [3] Mingxing Tan y Quoc V Le. "Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks". En: arXiv preprint arXiv:1905.11946(2019).
- [4] Andrew G Howard, Menglong Zhu, Bo Chen, Dmitry Kalenichenko, Wei-jun Wang, Tobias Weyand, Marco Andreetto y Hartwig Adam. "Mobi-lenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications". En: arXiv preprint arXiv:1704.04861(2017).
- [5] G Huang, Z Liu, KQ Weinberger y L van der Maaten. "Densely Connected Convolutional Networks. arXiv 2017". En: arXiv preprint arXiv:1608.06993().
- [6] Karen Simonyan y Andrew Zisserman. "Very deep convolutional networks for large-scale image recognition". En: arXiv preprint arXiv:1409.1556(2014).
- [7] Neural networks and deep learning. url: <http://neuralnetworksanddeeplearning.com/chap6.html> introducing convolutional networks (visitado 16-04-2020).2
- [8] Convolutional neural network - Wikipedia. url: https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network#Image_recognition (visitado 16-04-2020).
- [9] Pranav Rajpurkar, Jeremy Irvin, Kaylie Zhu, Brandon Yang, Hershel Meh-ta, Tony Duan, Daisy Ding, Aarti Bagul, Curtis Langlotz, Katie Shpanska-ya y col. "Chexnet: Radiologist-level pneumonia detection on chest x-rays with deep learning". En: arXiv preprint arXiv:1711.05225(2017).
- [10] Jeremy Irvin, Pranav Rajpurkar, Michael Ko, Yifan Yu, Silvana Ciurea-Ilcus, Chris Chute, Henrik Marklund, Behzad Haghighi, Robyn Ball, Katie Shpanskaya y col. "Chexpert: A large chest radiograph dataset with uncertainty labels and expert comparison". En: Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. Vol. 33. 2019, págs. 590-597.

- [11] Hieu H Pham, Tung T Le, Dat Q Tran, Dat T Ngo y Ha Q Nguyen. "Interpreting chest X-rays via CNNs that exploit disease dependencies and uncertainty labels". En: arXiv preprint arXiv:1911.06475(2019)
- [12] Chen Sun, Abhinav Shrivastava, Saurabh Singh y Abhinav Gupta. "Re-visiting unreasonable effectiveness of data in deep learning era". En: Proceedings of the IEEE international conference on computer vision. 2017, p'ags. 843-852.
- [13] Olga Russakovsky, Jia Deng, Hao Su, Jonathan Krause, Sanjeev Satheesh, Sean Ma, Zhiheng Huang, Andrej Karpathy, Aditya Khosla, Michael Bernstein y col. "Imagenet large scale visual recognition challenge". En: International journal of computer vision 115.3 (2015), p'ags. 211-252.
- [14] covit -Google
Search.url: <https://www.google.com/search?q=covit&oq=covit&aqs=chrome.69i59l3j0l2j69i60l3.1563j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>(visitado 17-04-2020).
- [15] Chuanqi Tan, Fuchun Sun, Tao Kong, Wenchang Zhang, Chao Yang y Chun-fang Liu. "A survey on deep transfer learning". En: International conference on artificial neural networks. Springer. 2018, p'ags. 270-279.
- [16] Shintaro Okazaki y Felipe Mendez. "Perceived ubiquity in mobile services". En: Journal of Interactive marketing 27.2 (2013), p'ags. 98-111.
- [17] Varun Gulshan, Lily Peng, Marc Coram, Martin C Stumpe, Derek Wu, Arunachalam Narayanaswamy, Subhashini Venugopalan, Kasumi Widner, Tom Madams, Jorge Cuadros y col. "Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs". En: Jama 316.22 (2016), p'ags. 2402-2410.

SEBASTIÁN QUEVEDO
SACOTO

DIRECTOR DEL PROYECTO:
PICCOVID-19-6



Ing. Javier Cabrera Mejía, PhD.
JEFE DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN