

Covidmetro: prototipo medidor de vulnerabilidad del COVID-19 en una persona sintomática.

Trabajo terminal No. 2021-B019

Alumnos: García Tello Axel, Leal Hernández Cesar, Madrigal Buendía David.

Director: Luna Benoso Benjamín, Sánchez Cruz Virginia.

e-mail:

agarcia1836@alumno.ipn.mx

clealh1501@alumno.ipn.mx

dmadrigalb1500@alumno.ipn.mx

Resumen - De las enfermedades que se encuentran relacionadas con el sistema respiratorio, el COVID-19 ha sido el más grave con relación al número de muertos que se ha tenido a nivel mundial, por otro lado, el contagio es muy ágil y se requiere que la población cuente con herramientas para poder detectar con más rapidez dicha enfermedad. En este trabajo se presenta la propuesta para desarrollar una página web, haciendo uso del aprendizaje automático mediante una red neuronal artificial y la base de datos del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) para el seguimiento a posibles casos de COVID-19 en la Ciudad de México, hacia usuarios que presenten síntomas relacionados con esta enfermedad y estén interesados en obtener un pre-diagnóstico a través de un cuestionario, que le servirá al sistema para obtener información respecto a si se trata de un usuario con el virus. En caso de ser diagnosticado de forma positiva, se determinará el nivel de riesgo en el que se encuentra (grave o no grave) y se le dará recomendaciones para prevenir su agravio.

Palabras clave - COVID-19, Aprendizaje automático, Red neuronal artificial, Dataset, Página web.

1. Introducción

Las enfermedades vinculadas al sistema respiratorio se encuentran cada vez más presentes en la comunidad. El sistema respiratorio cumple la función de suministrar oxígeno en el cuerpo, eliminar los residuos de dióxido de carbono y los desechos tóxicos, regular la temperatura y estabilizar la sangre. Las enfermedades respiratorias son afecciones que afectan a los pulmones y las vías respiratorias. Algunas veces, estas enfermedades pueden llegar a ser mortales.

Existen diversas enfermedades vinculadas al sistema respiratorio, entre las que se encuentran: el asma, la bronquitis (aguda o crónica), diversos tipos de cáncer (ya sea de garganta, pulmón o laringe), la gripe y la influenza, solo por mencionar algunos [1].

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) las enfermedades respiratorias están entre las principales causas de muerte y discapacidad a nivel mundial. Entre las que más destacan son la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) con 3 millones de muertes al año, la tuberculosis con 1.4 millones de muertes y las enfermedades respiratorias crónicas con 4 millones de muertes [2].

A pesar de la gran cantidad de enfermedades e infecciones que puede sufrir nuestro sistema respiratorio, no todas tienen el mismo nivel de contagio. Existe una clasificación del nivel de riesgo que representa el contagio de una enfermedad entre la población: [3]

- Endemia: Aparición de un número de casos a largo plazo en una población o zona geográfica. Se mantiene en un nivel estable, incluyendo variaciones estacionales.
- Epidemia: Brote de enfermedad infecciosa que se propaga rápidamente afectando a una gran proporción de personas en una misma región geográfica.
- Pandemia: Enfermedad que se extiende a muchos países, supera el número de casos esperados y persiste en el tiempo (Epidemia a nivel mundial).

La humanidad ha experimentado el surgimiento o mutación de virus que han generado que sus brotes de contagio rápidamente se conviertan en pandemia. La última pandemia que se vivió en México con respecto a las enfermedades respiratorias antes del COVID-19 fue el virus de la influenza A H1N1 también conocida como gripe porcina. Se detectó por primera vez en 2009 y se extendió por estados de la república mexicana, Estados Unidos y Canadá. Este virus es una infección de la nariz, garganta y pulmones. Las causas de este virus se debe a su mutación, pasando de la infección de cerdos a la infección de humanos. Aunque se anunció que la epidemia había concluido un año después, el virus continúa circulando como influenza estacional [4].

No solo la influenza ha dejado estragos que siguen aún presentes en nuestros tiempos, otras enfermedades que se pueden encontrar todavía son el ébola, el sida y el zika. El último brote del ébola fue registrado en 2014 en Guinea y otras regiones de África y los inicios del zika se tienen registrados desde el 2015 en Brasil [4].

Así llegamos a la actualidad, hoy vivimos una pandemia generada por el virus denominado COVID-19 que ha acabado con millones de vidas alrededor del mundo. Las cifras de muertes reportadas en América hasta el 17 de octubre de 2021 son superiores a los 2 millones 200 mil, mientras que en otros continentes como Europa y Asia se ha superado el millón [5].

Las cifras en México han llegado hasta las 299 mil defunciones estimadas hasta el 21 de octubre del 2021 y se han acumulado más de 3 millones de casos confirmados, de entre los cuales una gran mayoría son ambulatorios y el otro pequeño porcentaje son hospitalizados [6].

Existen diversos niveles del progreso en el contagio de COVID-19 pasando de un contagio leve a moderado a grave e inclusive a una enfermedad crítica, presentando síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) y falla orgánica multisistémica (FOM) [7].

La Organización Mundial de la Salud reportó que el 25.9% de los casos de COVID-19 a nivel mundial ingresaron a la unidad de cuidados intensivos (UCI) y el 20.1% desarrolló SDRA llevando al entubamiento. Lamentablemente las estadísticas estiman que la mitad de los ingresados a UCI fallecieron [7,8].

Existen factores claves asociados a un diagnóstico de COVID-19 en estado grave, un caso de admisión a la UCI o riesgo de mortalidad. En adultos, la disnea, el SDRA y la FOM sirven como factores clave para diagnosticar un caso grave. También existen otras enfermedades que empeoran el estado del paciente como son las enfermedades cardiovasculares, hipertensión arterial, diabetes mellitus y las enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC); estas últimas pueden ocasionar que el paciente sea ingresado a la UCI [7].

Por lo anterior, nuestra propuesta va enfocada a desarrollar una página web integrada con aprendizaje automático, que procese información obtenida de la base de datos del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) para el seguimiento a posibles casos de COVID-19 en la Ciudad de México, que por medio de un cuestionario de síntomas y condiciones permita a una persona interesada en conseguir un pre-diagnóstico de esta enfermedad, determinar si es un caso positivo o negativo, y en caso de ser positivo determinar el nivel de riesgo en el que se encuentra (grave o no grave) [9].

Se han elaborado previamente proyectos similares a nuestra propuesta para dar un diagnóstico a otras enfermedades y/o la integración de información obtenida a través de otros análisis. A continuación, presentaremos una tabla comparativa (tabla 1):

Tabla No. 1: Comparación de aplicaciones similares

Proyecto	Características	Diferencias y similitudes
Severity Detection of the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Patients Using a Machine Learning Model Based on the Blood and Urine Tests [10].	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Hace uso de una máquina de vectores de soporte (<i>Support Vector Machine</i>) para la identificación de 28 características asociadas con la gravedad de COVID-19 por medio de pruebas de sangre y orina. <input type="checkbox"/> Para el ingreso y análisis de información se llevó a cabo la codificación <i>one-hot</i>. <input type="checkbox"/> Para la selección de atributos se utilizó el algoritmo <i>T-test</i> que determina la diferencia entre dos grupos con respecto a sus características. <input type="checkbox"/> La máquina de vectores de soporte trabaja con un árbol de decisión, análisis del vecino más cercano y el algoritmo AdaBoost. <input type="checkbox"/> Dispone de un modelo de regresión logística predictiva en donde cada atributo positivo que se encuentre agrega mayor probabilidad de presentar COVID-19. <input type="checkbox"/> Desarrollado en el lenguaje de programación Python. <input type="checkbox"/> Para la evaluación de los resultados presentados por la máquina de vectores de soporte se usó la técnica de validación cruzada. 	<p>Similitudes</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Trata el diagnóstico de COVID-19. <p>Diferencias</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Analiza la información obtenida de muestras de orina y sangre. <input type="checkbox"/> Utiliza el algoritmo T-test para seleccionar las características determinantes con las que van a trabajar. <input type="checkbox"/> Disponen de un árbol de decisión, el algoritmo del K vecino más cercano y AdaBoost para el análisis de datos. <input type="checkbox"/> Emplean validación cruzada para analizar resultados.
Automatic Detection of Coronavirus Disease (COVID-19) in X-ray and CT Images: A Machine Learning Based Approach [11].	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Por medio de tomografías computacionales y rayos X evalúa con una red neuronal convolucional si el paciente cuenta con complicaciones en el sistema respiratorio que pueden derivar del COVID-19. <input type="checkbox"/> La red neuronal convolucional usa el algoritmo de aprendizaje automático del vecino más cercano para reducir el riesgo de sobreajuste y tiempo de entrenamiento. <input type="checkbox"/> Para la evaluación de los resultados se utilizó una matriz de confusión. 	<p>Similitudes</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Trata el diagnóstico de COVID-19. <input type="checkbox"/> Utiliza una matriz de confusión para validar resultados. <p>Diferencias</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> La información empleada es obtenida de tomografías y rayos X. <input type="checkbox"/> Utilizan el algoritmo del K vecino más cercano para realizar sus análisis.

Fuente: Elaboración propia.

Observamos en los trabajos anteriores que dependen de un estudio realizado previamente (sangre, orina, tomografías y rayos X) para la realización de un diagnóstico; pero no todos los pacientes tienen los recursos monetarios necesarios para recurrir a dicho estudios, ni los centros de salud cuentan con los suficientes recursos para realizar estudios a todos los casos.

Este proyecto busca ser una herramienta útil para la población en donde no es indispensable realizar previamente un estudio de laboratorio, sino que se dará un pre-diagnóstico a través de un cuestionario con los síntomas y condiciones que presenta el usuario.

2. Objetivo

Objetivo general:

Desarrollar una página web para usuarios que presenten síntomas relacionados al COVID-19 a través de un pre-diagnóstico (haciendo uso del Aprendizaje automático) a partir de que resuelvan un cuestionario, que le servirá al sistema para dar un resultado si se trata de un usuario positivo. En caso de ser diagnosticado de esta forma, se determinará el nivel de riesgo en el que se encuentra (grave o no grave).

Objetivos específicos

- Determinar los síntomas relacionados con el COVID-19 para identificar el pre-diagnóstico.
- Definir el vector de atributos que permitan entrenar la red neuronal artificial.
- Utilizar una red neuronal artificial para el funcionamiento del covidmetro.
- Validar el resultado del pre-diagnóstico otorgado por la red neuronal artificial por medio de una matriz de confusión.
- Diseñar una página web que le permita al usuario hacer uso del covidmetro, siguiendo la regla de los tres clics.
- Generar un reporte que muestre los resultados del covidmetro, indicando también el riesgo en el que se encuentra (grave o no grave).

3. Justificación

La humanidad lleva más de un año combatiendo a un enemigo invisible. Según datos estadísticos reportados por el *New York Times* [NY], hasta la fecha (8 de noviembre de 2021) a nivel mundial, el COVID-19 ha causado más de 250 millones de contagios y 5.05 millones de muertes. Los países con mayor número de muertos y contagiados son Estados Unidos con 46.4 millones de casos positivos y 754 mil defunciones, India con 34.4 millones de casos y 461 mil defunciones y Brasil con 21.9 millones de casos y 609 mil muertes [12,13,14]. También *Our World In Data* y *The Center for Systems Science and Engineering (CSSE)*, reporta que México se encuentra en la posición número 15 en los países con mayor número de contagios con 3.83 millones de casos y en el lugar número 4 en los países con mayor número de muertes con 290 mil muertes [13,14].

Sin duda alguna éstas cifras son alarmantes y aunque la aplicación de vacunas continúe y la sana distancia se trate de conservar, éstas no mitigan por completo la presencia del COVID-19 en el mundo. Por lo tanto, es importante que existan formas de prevención antes de llegar a un caso de gravedad.

Es apropiado detectar el COVID-19 de forma temprana, ya que permite a los médicos realizar un tratamiento oportuno, aumentar las posibilidades de éxito en la recuperación del paciente, disminuir la transmisión del virus, los costos y recursos de tratamiento; este último puede ser usado para dar atención a casos más graves.

Este prototipo a desarrollar tiene como fin la detección temprana, alertando al usuario que presente síntomas de esta enfermedad sobre el nivel de riesgo que tiene ante el virus por medio de un pre-diagnóstico. Una vez que se tenga y se muestre el nivel de riesgo que corre el usuario se le dará una serie de recomendaciones a seguir para evitar que su caso llegue a un nivel de riesgo grave.

A diferencia de otros métodos para la detección de COVID-19 que necesitan una serie de estudios y personal médico para hacer uso de la herramienta, hacemos que el usuario pueda disponer de un pre-diagnóstico sin la completa dependencia de estos 2 factores.

Las razones por las que nuestra plataforma va a ser una página web es debido al alcance. Queremos que la mayor cantidad de personas tenga acceso a nuestro sistema, y una página web nos permite estar disponibles para diversos dispositivos sin importar mucho las características de software y hardware que presentan.

Para validar los resultados de la red neuronal usaremos una matriz de confusión, también conocida como matriz de error o tabla de contingencia. Esta técnica consiste en realizar una tabla donde se contabilizan el número de salidas de cada una de las clasificaciones realizadas por el sistema, después se evalúan cuántos casos fueron clasificados correctamente y cuantas clasificaciones fueron erróneas para determinar el porcentaje de error y en qué subproceso se está presentando.

En el montaje del servicio, usaremos el cómputo en la nube para que esté al alcance de todo público.

4. Productos o Resultados esperados

La arquitectura a seguir en nuestro proyecto será la siguiente:

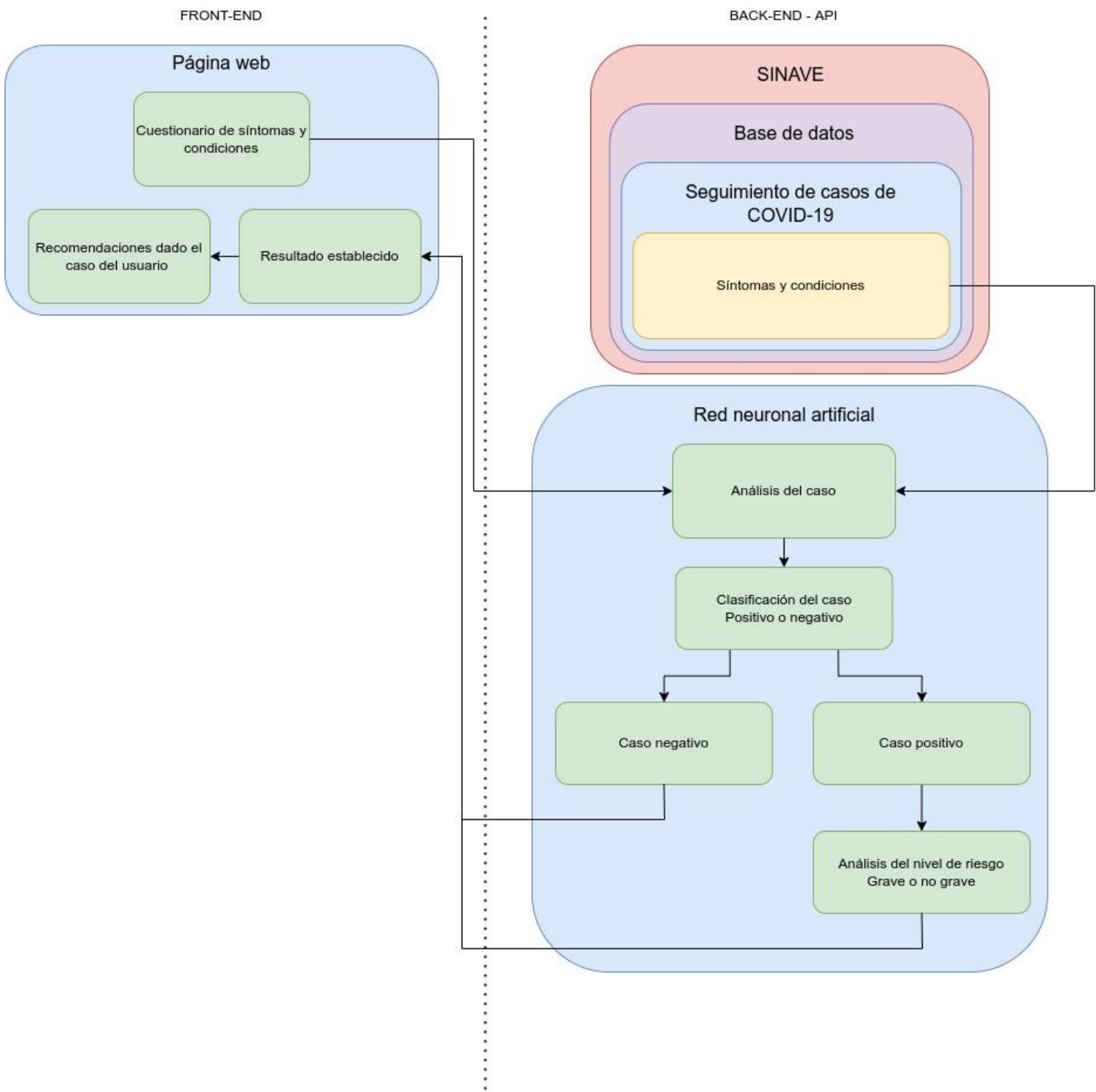


Fig 1. Elaboración propia.

Los procedimientos que vamos a desarrollar para cumplir con nuestro objetivos son:

- Investigación del estado del arte.
- Documentación del proyecto.
- Definición del alcance del proyecto.
- Integración de la planificación en la plataforma Jira.
- Creación de historias de usuario.
- Configuración e integración del repositorio Github en el proyecto.
- Diseño de mockups de la página web.
- Obtención del conjunto de datos del SINAVE sobre los casos de COVID-19.
- Filtrado de información del conjunto de datos.
- Análisis de los conjuntos de datos con respecto a las clasificaciones a realizar.
- Configuración de la red neuronal artificial.
- Entrenamiento de la red neuronal artificial.
- Validación y pruebas de la red neuronal artificial usando matriz de confusión.
- Codificación de los mockups.
- Construcción del cuestionario diagnóstico del usuario.
- Codificación e integración del cuestionario diagnóstico del usuario.
- Integración del cuestionario diagnóstico con la red neuronal artificial.
- Realización de pruebas locales.
- Alojamiento en la nube de la página web.
- Conexión de servicios de Azure con la página web.
- Realización de pruebas operativas del funcionamiento del servicio.
- Realización de pruebas generales por parte de los usuarios finales.
- Creación de manual de usuario de la página web.
- Creación de manual técnico de la página web.

5. Metodología

La metodología a emplear es SCRUM. es una metodología para llevar a cabo un conjunto de tareas de forma regular por medio de sprints (ciclos de desarrollo) y que tiene como objetivo el trabajo en equipo logrando obtener el mejor resultado en un proyecto.

El uso de roles en esta metodología son los siguientes: [15]

- Product Owner: Toma las decisiones, conoce los objetivos del proyecto y establece prioridades de estos para maximizar el trabajo. El encargado para este rol será Madrigal Buendía David.
- Scrum Master: Comprueba que el modelo y la metodología funciona. Elimina todos los inconvenientes que impiden el desarrollo ágil. Nuestro compañero García Tello Axel será el encargado de este rol.
- Scrum Team: Equipo de desarrollo técnico, integrado por García Tello Axel, Leal Hernández Cesar y Madrigal Buendía David.
- Stakeholders: Personas con una relación directa al proyecto. En este caso los usuarios con síntomas de COVID-19 a los que vamos a clasificar en el diagnóstico.

Iniciaremos nuestro proyecto definiendo de forma más profunda las características de nuestros usuarios, cuál es el alcance del proyecto y la preparación de las herramientas a usar para la elaboración de este. Una vez establecidos todos estos puntos pasamos al análisis, elaboración y validación de nuestro Aprendizaje automático. Después, damos paso a montar nuestra plataforma para que el usuario tenga acceso a esta y finalizamos con la realización de pruebas operativas y complementación de la documentación pensando a futuro en el proyecto.

La herramienta a usar para administrar nuestras tareas con respecto al proyecto será Jira debido a que permite una planificación flexible compatible con la metodología SCRUM. Es fácil de usar y al ser una herramienta en línea se puede usar desde cualquier dispositivo. A pesar de ser un software de pago, cuenta con una versión gratuita que nos permite trabajar con 10 usuarios en un equipo de trabajo.

Para llevar un control en las versiones de nuestro proyecto haremos uso de la herramienta Github. Además, nuestro proyecto será desarrollado en el lenguaje de programación JavaScript junto con tecnologías web para front-end como ReactJS, HTML5 y CSS. Para gestionar los dataset con la información de clasificación de los casos nos apoyaremos de MySQL y de los servicios de Microsoft Azure para complementar nuestro proyecto. En el caso de la metodología para el manejo de datos, haremos uso de la biblioteca Tensor Flow ya que la consideramos la más apta para la realización del proyecto por sus cualidades, y recurriremos al cómputo en la nube por la cantidad de servicios que ofrece y flexibilidad en los recursos informáticos. Como IDE se plantea codificar en Visual Studio Code debido a su fácil manejo y propiedad multiplataforma, así como la integración con las herramientas mencionadas anteriormente y otros complementos.

Los Sprints contemplados en el proyecto van a abarcar los siguientes tiempos:

- TT 1
 - Sprint 1 - del 31 de enero al 25 de febrero
 - Sprint 2 - del 28 de febrero al 25 de marzo
 - Sprint 3 - del 28 de marzo al 29 de abril

- Sprint 4 - del 2 de mayo al 27 de mayo
- Sprint 5 - del 30 de mayo al 23 de junio
- TT 2
 - Sprint 6 - del 15 de agosto al 9 de septiembre
 - Sprint 7 - del 12 de septiembre al 7 de octubre
 - Sprint 8 - del 10 de octubre al 4 de noviembre
 - Sprint 9 - del 7 de noviembre al 2 de diciembre
 - Sprint 10 - del 5 de diciembre al 19 de diciembre

6. Cronograma

Ver anexo 1,2 y 3.

7. Referencias

- [1] Biblioteca Nacional de Medicina de los EEUU. (s. f.). *Pulmón y vías respiratorias: MedlinePlus en español*. MedlinePlus - Health Information from the National Library of Medicine [Online]. Disponible en: <https://medlineplus.gov/spanish/lungsandbreathing.html> [Accedido: 20 de octubre de 2021].
- [2] WHO. (2017). *El impacto mundial de la Enfermedad Respiratoria (segunda edición)*. [Online]. Disponible en: https://www.who.int/gard/publications/The_Global_Impact_of_Respiratory_Disease_ES.pdf Archivo: The_Global_Impact_of_Respiratory_Disease_ES.pdf [Accedido: 20 de octubre de 2021].
- [3] J. Marcondes, “EPIDEMIA, ENDEMIA, PANDEMIA, EPIDEMIOLOGÍA”. *Revista de Patología Tropical/Journal of tropical*, 1998, pp. 153-155. Disponible en: <https://www.revistas.ufg.br/iptsp/article/download/17199/10371??journal=iptsp> Archivo: 17199-Texto do artigo-70301-1-10-20120210.pdf [Accedido: 20 de octubre de 2021].
- [4] P. Galeana. (2020). *Las Epidemias a lo largo de la historia (Primera edición)* [Online]. Disponible en: <https://revistasipgh.org/index.php/anam/article/download/844/1218/> Archivo: 844-Texto del artículo-4034-1-10-20201120.pdf [Accedido: 20 de octubre de 2021].
- [5] A. Orús. (2021, 21 de octubre). *Coronavirus: Muertes en el mundo por continente en 2021 | Statista*. [Online]. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/1107719/covid19-numero-de-muertes-a-nivel-mundial-por-region/> [Accedido: 21 de octubre de 2021].
- [6] CONACYT. (2021, 21 de octubre). *Información general. COVID - 19 Tablero México* [Online]. Disponible en: <https://datos.covid-19.conacyt.mx/> [Accedido: 21 de octubre de 2021].
- [7] M. Vélez. (2020, abril 22). *Factores clínicos pronósticos de enfermedades grave y mortalidad en pacientes con COVID-19* [Online]. Disponible en: https://es.cochrane.org/sites/es.cochrane.org/files/public/uploads/COVID-19/udea-uned_sintesisrapida_covid-19_pronostico_22abril2020.pdf Archivo: udea-uned_sintesisrapida_covid-19_pronostico_22abril2020.pdf [Accedido: 31 de octubre de 2021].
- [8] Revista Habanera de Ciencias Médicas. (202, junio 10). *Comorbilidades y gravedad clínica de la COVID-19: revisión sistemática y meta-análisis* [Online]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2020000400002 [Accedido: 31 de octubre de 2021].
- [9] SINAVE, (2021, diciembre 6). *Base del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica para el seguimiento a posibles casos de COVID-19 en la Ciudad de México* [Online]. Disponible en: <https://datos.cdmx.gob.mx/dataset/base-covid-sinave> [Accedido: 15 de diciembre de 2021].
- [10] H. Yao, N. Zhang, R. Zhang, M. Duan, T. Xie y J. Pan, “Severity Detection for the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Patients Using a Machine Learning Model Based on the Blood and Urine Tests”, *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, vol. 8, sin número, pp.653, Julio 2020. Accedido: 4 de noviembre de 2021. [Online]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcell.2020.00683/full>
- [11] S. Hosseinzadeh, P. Hosseinzadeh, M. J. Wesolowski, K. A. Schneidera y R. Detersa, “Automatic Detection of Coronavirus Disease (COVID-19) in X-ray and CT Images: A Machine Learning Based Approach”, *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, vol. 41, no. 3, pp. 867-879, Julio-Septiembre 2021. Accedido: 4 de noviembre de 2021. [Online]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S020852162100067X>
- [12] The New York Times. (2021, octubre 21). *Coronavirus in the U.S.: Lastest Masp and Case Count* [Online]. Disponible en: <https://www.nytimes.com/interactive/2021/us/covid-cases.html> [Accedido: 22 de octubre de 2021].
- [13] CSSE. (2021, octubre 21). *COVID-19 Dashborad* [Online]. Disponible en: <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6> [Accedido: 22 de octubre de 2021].
- [14] Our World in Data. (2021, octubre 20). *Coronavirus Pandemic (COVID-19) - the data* [Online]. Disponible en: <https://ourworldindata.org/coronavirus-data> [Accedido: 22 de octubre de 2021].
- [15] M. Triás. (2012). *Metodología SCRUM (Primera versión)* [Online]. Disponible en: <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/17885/1/mtrigasTFC0612memoria.pdf> File: mtrigasTFC0612memoria.pdf [Accedido: 23 de octubre de 2021].

8. Alumnos y directores

García Tello Axel.- Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM. Especialidad Sistemas, Boleta: 2019630551, Tel. 5550303886, email: agarcia1836@alumno.ipn.mx

Firma: _____

Leal Hernández César.- Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM. Especialidad Sistemas, Boleta: 2019630464, Tel. 5513181752, email: clealh1501@alumno.ipn.mx

Firma: _____

Madrigal Buendía David.- Alumno de la carrera de Ing. en Sistemas Computacionales en ESCOM. Especialidad Sistemas, Boleta: 2019630307, Tel. 5511394470, email: dmadrigalb1500@alumno.ipn.mx

Firma: _____

Directores.

Dr. Benjamín Luna Benoso. Licenciatura en Física y Matemáticas por la ESFM del IPN. Maestría y doctorado por el CIC del IPN. Áreas de Interés: Reconocimiento de patrones, análisis de imágenes, machine learning. blunab@ipn.mx. 57296000 ext: 52022.

Firma: _____

M. Virginia Sánchez Cruz. Maestra en Ciencias Administración de negocio y egresada de la Escuela superior de Comercio y Administración (ESCA), licenciatura en Economía en la Escuela Superior de Economía (ESE) del IPN. Profesora investigadora de la Escuela Superior de Cómputo (ESCOM), Departamento de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Áreas de estudio: Economía, Educación, Pedagogía y Sostenibilidad. Teléfono 57296000 ext. 52032, correo electrónico vsanchezcr@ipn.mx

Firma: _____

CARÁCTER: Confidencial
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.

Anexo 1

CRONOGRAMA Nombre del alumno(a): Madrigal Buendía David

TT No.: 2021-B019

Título del TT: Covidmetro: prototipo medidor de vulnerabilidad del COVID 19 en una persona sintomática.

[illegible]

Anexo 2

CRONOGRAMA Nombre del alumno(a): García Tello Axel

TT No.: 2021-B019

Título del TT: Covidmetro: prototipo medidor de vulnerabilidad del COVID 19 en una persona sintomática.

[illegible]

Anexo 3

CRONOGRAMA Nombre del alumno(a): Leal Hernández César

TT No.: 2021-B019

Título del TT: Covidmetro: prototipo medidor de vulnerabilidad del COVID 19 en una persona sintomática.

[illegible]



Benjamin Luna B... 12:43 p. m.

para mí ▾



Hola Axel.

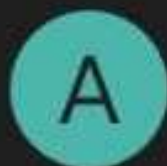
Estoy de acuerdo en fungir como director del trabajo terminal titulado: Covidmetro: prototipo medidor de vulnerabilidad del COVID-19 en una persona sintomática, de los alumnos: García Tello Axel, Leal Hernández Cesar y Madrigal Buendía David.

Saludos.

Benjamín Luna Benoso.



Protocolo covidmetro




Axel García Tello  11:30 a. m.

Muy buenos profesora. Mis compañeros y yo les enviamos una versión beta de



Virginia Sanchez... 1:01 p. m.

para mí 



Trabajado, revisado y aceptada la dirección del trabajo terminal.

Atentamente
Virginia Sánchez Cruz
