
Una aplicación móvil con técnicas de machine learning a partir de datos de sensores inerciales para el monitoreo e identificación de ocurrencias del temblor de Parkinson

A mobile application with machine learning techniques based on data from inertial sensors for the monitoring and identification of occurrences of Parkinson's tremor

Carlos Raúl André Godínez Tello

<https://orcid.org/0000-0001-7371-1039>

godtello@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima, Perú

Luzmila Eliza Pró Concepción

<https://orcid.org/0000-0003-0622-1173>

lproc@unmsm.edu.pe

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima, Perú

RECIBIDO: 15/12/2021 - ACEPTADO: 15/02/2022 - PUBLICADO: 28/02/2022

RESUMEN

El presente artículo tiene como objetivo mostrar los resultados del desarrollo de una app móvil que controla el monitoreo y detección de ocurrencias del temblor de Parkinson. Uno de los objetivos específicos es el desarrollo de una aplicación híbrida que usa técnicas de aprendizaje de máquinas (*Machine Learning*) y datos de sensores inerciales presentes en los teléfonos inteligentes (smartphones). Esta app podría posibilitar al médico especialista la facultad de diagnosticar el grado de temblor parkinsoniano (producto de la enfermedad de Parkinson), así mismo el sistema permite llevar un historial de los resultados. Por un lado, el paciente contará con un reporte enviado por correo electrónico, asimismo permitirá contar con un control del tiempo de congelamiento del movimiento, y un sistema de alarmas para dosificación de medicamentos recetados en el tratamiento. La implementación de la app tiene como base el framework Ionic y usa técnicas de regresión lineal para la identificación temprana a partir de datos de sensores inerciales. Entre los resultados, podemos observar la finalización y viabilidad en el desarrollo del aplicativo, las consideraciones iniciales para el funcionamiento del mismo, teniendo en cuenta variables, especificaciones, modelos, arquitectura y casos de usos que permiten el óptimo funcionamiento y acoplamiento con las otras dos funcionalidades de análisis que son de congelamiento (medidor del tiempo de la persona sin movimiento) y el de alarma (control de dosaje de medicamentos).

Palabras clave: Aplicativo móvil; Temblor de Parkinson; Tecnología preventiva; Procesamiento de señales; Internet de las Cosas.

ABSTRACT

This article aims to show the results of the development of a mobile app that controls the monitoring and detection of occurrences of Parkinson's tremor. One of the specific objectives is the development of a hybrid application that uses machine learning techniques (*Machine Learning*) and data from inertial sensors present in smartphones. This app could enable the medical specialist to diagnose the degree of parkinsonian tremor (a product of Parkinson's disease), likewise the system allows keeping track of the results. On the one hand, the patient will have a report sent by email, it will also allow control of the movement freezing time, and an alarm system for the dosage of medications prescribed in the treatment. The implementation of the app is based on the Ionic framework and uses

linear regression techniques for early identification from inertial sensor data. Among the results, we can observe the completion and viability in the development of the application, the initial considerations for its operation, taking into account variables, specifications, models, architecture and use cases that allow optimal operation and coupling with the other two analysis functionalities that are freezing (measuring the time of the person without movement) and alarm (medication dosage control).

Keywords: Mobile application; Parkinson's tremor; Preventive technology; Signal processing; Internet of Things.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las condiciones globales que la humanidad padece hasta nuestros días es la de Parkinson, término atribuido en honor a los estudios del Doctor inglés James Parkinson. El Dr. J. Parkinson fue el precursor al describir esta enfermedad en 1817, caracterizándolo con temblores, rigidez y dificultad de movimiento (Zurita, 2017). En 2016, fueron aproximadamente 6.1 millones de individuos afectados por esta condición y en ese año aproximadamente más de 3.2 millones de personas murieron producto de las consecuencias de esta condición. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que hasta el año 2030 serán más de 12 millones los individuos afectados (América Economía, 2018).

La enfermedad de Parkinson es crónica, progresiva y que afecta el sistema nervioso central produciendo muerte de las neuronas de tipo dopaminérgicas, encargadas de producir dopamina (neurotransmisor), afectando la función motora de una persona (La República, 2018); y afectando diversos aspectos socio-económicos para los que la padecen. Esta enfermedad y sus efectos colaterales afectan los sentimientos como depresión, angustia, insatisfacción, enojo, ira, tristeza, desesperanza e incertidumbre (Ministerio de Salud, 2010).

Muchas investigaciones han sido realizadas a lo largo de los años para encontrar el origen, pero sin éxito, aún no existe un tratamiento o medicación para la enfermedad del Parkinson según Martínez-Fernández et al (2016), lo que sí existen son tratamientos que modifican el avance de la enfermedad para conservar la calidad de vida de los pacientes (Infobae, 2019). El inicio del tratamiento para la enfermedad de Parkinson reside en el suministro de una combinación de levodopa y otros fármacos dopaminérgicos para mitigar la escasez de dopamina, siendo esta la principal causa de los síntomas (Micheli & Fernández Pardal, 2010). Adicionalmente, los pacientes demandan una terapia de rehabilitación que involucra áreas como: terapia del habla, tratamiento psicológico, fisioterapia y terapia ocupacional (Morris, 2000).

En el Perú, se estima en tres mil nuevos casos cada año con síntomas evidentes y característicos de la enfermedad del Parkinson y actualmente cuentan con 30 mil personas confirmadas, según el Instituto Nacional de Ciencias Neurológicas (INCN), del Ministerio de Salud Peruano (Ministerio de Salud, 2019).

Después de una búsqueda sistemática de bibliografías existentes que abordan tecnologías móviles para el monitoreo y diagnóstico de Parkinson, fueron seleccionadas las siguientes referencias entre los años 2016 y 2022 (ver Tabla 1). Esta búsqueda selectiva fue orientada a artículos (*papers*) y tesis a partir de palabras claves en distintas plataformas académicas (Emerald, ACM Digital Library, Scimedirect, IEEE Xplore Digital Library, Google Académico, Doaj, Springer, Taylor y Francis), obteniendo como resultado 3200 referencias entre tesis y artículos. Al aplicar restricciones y aumentar el número de palabras claves como Parkinson, aplicaciones móviles híbridas, *Machine Learning*, monitoreo y predicción (identificación temprana del temblor de Parkinson), el número de referencias fue disminuyendo. Finalmente, al realizar una revisión de la calidad de los trabajos, se llegó a una selección de once referencias. Algunas características principales sobre cada referencia son descritas en la Tabla.

A partir del análisis de estas referencias, podemos observar que grandes son los avances en la búsqueda por soluciones que ayuden a conllevar la enfermedad de Parkinson y diversas tecnologías y técnicas fueron empleadas. El factor diferencia de este trabajo es que no solo se basa en la medición del movimiento de Parkinson, sino que este desarrollo es capaz de identificar de forma temprana ocurrencias de temblor Parkinsoniano a través de la modalidad de congelamiento y a su vez, alertar de forma sistemática un control de uso de medicamentos para el paciente, toda esta información podrá ser enviada vía correo electrónico al especialista que acompaña la evolución del paciente. En la Figura 1, podemos observar una idea global del desarrollo de esta aplicación y sus etapas.

Tabla 1

Referencias bibliográficas seleccionadas referente a tecnologías móviles para monitoreo y diagnóstico de Parkinson entre 2016 y 2022.

(Referencia, Año)	Título del trabajo
(Sahyoun et. al., 2016)	ParkNosis: Diagnosing Parkinson's Disease Using Mobile Phones
(Fraivan et. al., 2016)	Parkinson's disease hand tremor detection system for mobile application
(Kubben et. al., 2016)	TREMOR12: An Open-Source Mobile App for Tremor Quantification
(Wang et. al., 2017)	Tremor Detection Using Smartphone-based Acoustic Sensing
(Pérez et. al., 2018)	Aplicación de la Minería de Datos al Diagnóstico y Evaluación de la Enfermedad de Parkinson, mediante la Voz
(Ácimas et. al., 2018)	Procesado de señales procedentes de smartphones para el análisis de temblores fisiológicos
(Sánchez et. al., 2018)	Monitorización de la actividad neuromotriz de un paciente de Enfermedad de Parkinson
(Kan et. al., 2018)	STOP: A Smartphone-based Game for Parkinson's Disease Medication
(Reeb et. al., 2019)	Desarrollo de una app para el diagnóstico diferencial de pacientes con Parkinson y temblor esencial
(Aldana et. al., 2019)	Diagnóstico de la enfermedad de Parkinson usando Deep Learning y grabaciones de voz mediante teléfono móvil
(Zhang et. al., 2020)	Deep Learning Identifies Digital Biomarkers for Self-Reported Parkinson's Disease
Este trabajo	Una Aplicación Móvil Híbrida con Técnicas de Machine Learning para el Monitoreo y Predicción del Temblor de Parkinson

Fuente: elaboración propia.

Figura 1

Idea global del desarrollo de Parkinson Analyzer.



Fuente: (Tello, 2021).

II. OBJETIVOS

Dadas las estadísticas de personas con esta condición de Parkinson y el constante avance de las tecnologías computacionales en apoyo al bienestar humano, el presente artículo tiene como objetivo mostrar el desarrollo de una plataforma móvil basada en el framework Ionic convirtiéndose en una

aplicación híbrida al usar técnicas de regresión lineal y datos de sensores inerciales (acelerómetro y giroscopio presentes en los teléfonos inteligentes) para monitoreo, diagnóstico y tratamiento del temblor producto de la Enfermedad de Parkinson. Entre los resultados, podemos observar la viabilidad en el desarrollo del aplicativo, las consideraciones iniciales para el funcionamiento, considerando las

especificaciones, arquitectura, casos de uso y modelos que permitan un correcto acoplamiento con las otras dos funcionalidades de análisis restantes como el congelamiento (medidor del tiempo de la persona sin movimiento) y el de alarma (control de medicamentos). Otro de los aportes primordiales con este desarrollo es servir de instrumento para el bienestar de las personas en un mundo cada vez más globalizado y conectado al Internet, la llamada era de la Internet de las Cosas.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

Para el desarrollo del software se utilizó: la base de datos en *MySQL*, para la parte del *front* el framework *Ionic 5* y en back el framework *Spring* con lenguaje de programación de Java.

Para la implementación Hardware, hicimos pruebas con un Smartphone Motorola XT1799-2 con Chipset Qualcomm MSM8937 Snapdragon 430, CPU Octa-Core 4 x 1.4GHz ARM Cortex A53 y sistema operativo Android versión 7.1, este dispositivo celular cuenta con una memoria RAM de 4 GB, así mismo una memoria interna de 32 GB. Entre los sensores, este teléfono móvil cuenta también con sensor de distancia, sensor de luz, brújula electrónica, acelerómetro, giroscopio, reconocimiento de huellas dactilares. El computador utilizado para la elaboración de la App fue un dispositivo con sistema operativo Windows 10, memoria RAM de 16 GB y con disco duro de 900 GB.

a. Descripción del sistema

La app fue denominada Parkinson Analyzer, cuenta con la posibilidad de registrar a cada paciente y en el cual se podrá aplicar las funcionalidades definidas. Una rutina de programación fue previamente establecida:

- Adquisición de los datos del temblor parkinsoniano a través de las señales del acelerómetro (ejes X, Y, Z). El acelerómetro es un dispositivo que mide la vibración o la aceleración del movimiento de una estructura.
- Análisis de los datos para estimar cuantos segundos el paciente está en estado de congelamiento.
- Activar una alarma para suministro de medicamentos.
- Registro de un historial de las evaluaciones.

Importante destacar que estos historiales podrán ser eliminados, guardados y también compartidos por correo electrónico al profesional especialista.

b. Requerimientos Funcionales

A continuación, serán descritas las etapas de funcionamiento del software denominadas de Requerimientos Funcionales. Estos requerimientos están relacionados con funciones requeridas por médicos especialistas o pacientes (ver Tabla 2), estos requerimientos están asociados a cada mensaje que pueda aparecer en la pantalla del sistema, distribuidos con reconocimiento de acceso o creación de reportes solicitados por entes fiscalizadores, entre otros.

c. Requerimientos No Funcionales

A continuación, en la Tabla 3 se muestra la descripción de Requerimientos denominados No Funcionales, los cuales incorporan las peculiaridades generales y restricciones de la app móvil con cuales cuentan.

d. Diagrama General De Casos De Uso

A continuación, en la Figura 2 tenemos un árbol de decisiones donde son mostrados detalles de los casos de uso y la conducta de la app a partir de los requerimientos no funcionales y funcionales.

e. Representación Arquitectural

Fueron tres capas utilizadas para la arquitectura de este desarrollo, las cuales están distribuidas de esta forma, una capa solo puede estar relacionada a otra que sea inferior, obteniendo así compresión y claridad de proyectos complejos (más detalles pueden ser vistos en la Figura 3). Esto también permite disminuir dependencias y la reutilización del código, brindando mejoras en la toma de decisiones al momento de construir.

Detalles específicos de las Capas:

- Capa 1 (capa de presentación): es la interfaz gráfica del usuario, fue desarrollada para un dispositivo móvil con sistema operativo Android de la versión 4 en adelante. Utiliza los lenguajes de programación Java y framework Ionic.
- Capa 2 (capa de empresa): es la lógica con la que trabaja, le asignaremos el nombre de Servidor de Inteligencia Artificial; encontramos el servidor de aplicación Java EE (ubicado en la nube). Dentro del JBoss está el Web Services que es el Spring Boot.

Tabla 2

Descripción de las etapas de funcionamiento de software denominadas Requerimientos Funcionales de Parkinson Analyzer

Etapa	Nombre	Descripción
1	Ingreso a la aplicación	La aplicación móvil debe ingresar como usuario.
2	Registrar Usuarios	La aplicación móvil debe permitir el registro de usuarios con sus datos más importantes.
3	Recuperar Contraseña	La aplicación móvil debe permitir poder recuperar la contraseña.
4	Registrar valores del giroscopio y acelerómetro	La aplicación móvil debe permitir registrar los valores en del giroscopio y acelerómetro en los planos x, y; y z.
5	Predecir temblores	La aplicación móvil debe permitir predecir los valores en los próximos segundos del temblor de Parkinson.
6	Registrar alarma	La aplicación móvil debe permitir el registro de las alarmas en su horario correspondiente.
7	Contabilizar pastillas	La aplicación móvil debe permitir la contabilización del número de pastillas por alarma.
8	Registrar Historial	La aplicación móvil debe permitir el registro de un historial por prueba ejecutada.
9	Contabilizar el tiempo de Congelamiento	La aplicación móvil debe permitir contabilizar el tiempo en segundos.
10	Enviar Correo	La aplicación móvil debe permitir compartir la información por correo.
11	Visualizar Historial	La aplicación móvil debe permitir la visualización de los historiales guardados.
12	Editar Contenido	La aplicación móvil debe permitir la edición de algún registro siempre cuando no sea de un análisis.
13	Eliminar Contenido	La aplicación móvil debe permitir eliminar registros de historiales o alarmas programadas.
14	Ayuda	La aplicación móvil debe permitir las instrucciones correspondientes en caso de ayuda.
15	Cerrar sesión	La aplicación móvil debe permitir cerrar sesión iniciada.
16	Fechas	La aplicación móvil debe registrar las fechas y horas exactas del día.

Tabla 3

Descripción de las etapas de funcionamiento de software denominadas Requerimiento No Funcionales de Parkinson Analyzer

Etapa	Nombre	Descripción
1	Seguridad	Toda la información personal de los usuarios deberá estar protegida y no podrá ser usada inadecuadamente.
2	Confiabilidad	La aplicación estará disponible las 24 horas todos los días del año.
3	Rendimiento	El tiempo de respuesta de la aplicación no debe ser mayor a 50 segundos.
4	Mantenibilidad	Se documentará la aplicación para garantizar el soporte de la herramienta y se desarrollará un manual de usuario con la finalidad de exponer el uso de la aplicación a los usuarios inexperimentados.
5	Eficiencia	Debe haber un uso adecuado de los tiempos y recursos del sistema
6	Costo	El costo esperemos que no sobrepase del presupuesto estimado
7	Usabilidad	La aplicación debe ser de fácil uso y manejo
8	Interfaz	La interfaz usada debe ser muy ligera y de visualización rápida
9	Estabilidad	Buscamos que la aplicación no se caiga por uso de usuarios concurrentes

- Capa 3 (capa de datos): encontramos el servidor de base de datos MySQL, acoplada a través del Spring Boot.

Detalles de base de datos:

My SQL v5.0. Fue diseñada con la siguiente estructura de la Tabla 4.

f. Interfaz de Inicio

Es la interfaz inicial de la aplicación, en esta se aprecia el logotipo diseñado, el usuario tiene la opción de escribir su correo y contraseña para la validación e ingresar al sistema (ver Figura 4).

g. Interfaz de Historial.

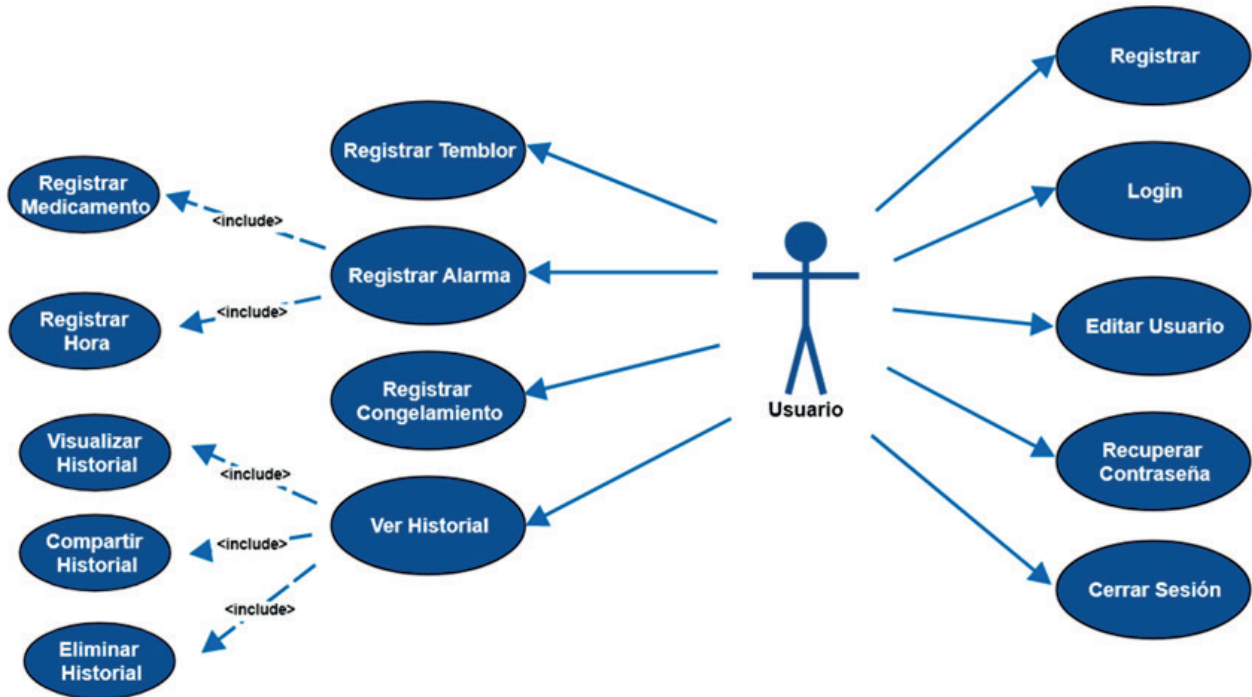
En esta sección podremos ver los resultados de las pruebas realizadas con fecha y hora, así como también funcionalidades propias del módulo de historial (ver Figura 5).

h. Interfaz de Temblor Parkinsoniano.

En esta opción, podremos observar un botón de inicio del Análisis (ver Figura 6); la app esta apta para capturar los datos a partir de los 3 ejes correspondientes en el tiempo una vez activada la evaluación. Los tres ejes (X, Y, Z) están distinguidos por

Figura 2

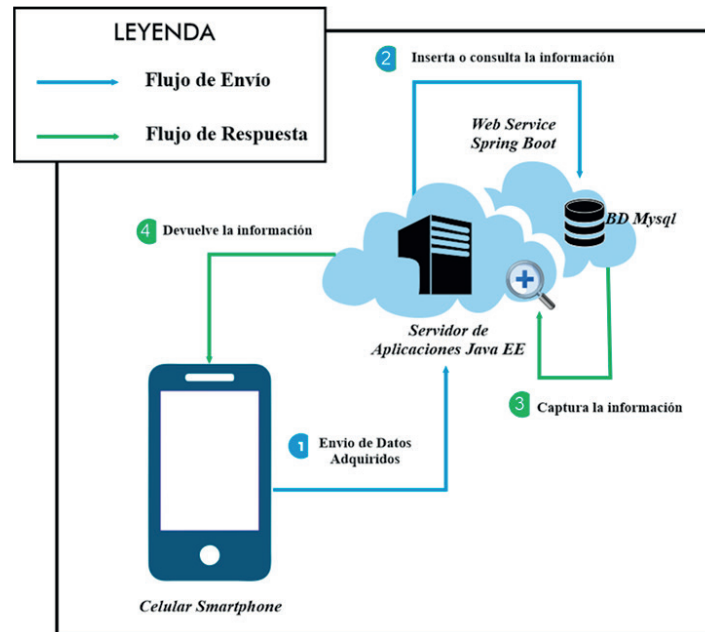
Árbol de decisiones referente a casos de Uso de Parkinson Analyzer.



Fuente: (Tello, 2021).

Figura 3

Arquitectura de Parkinson Analyzer. Podemos observar el flujo de envío (línea azul) y el flujo de respuesta (línea verde).



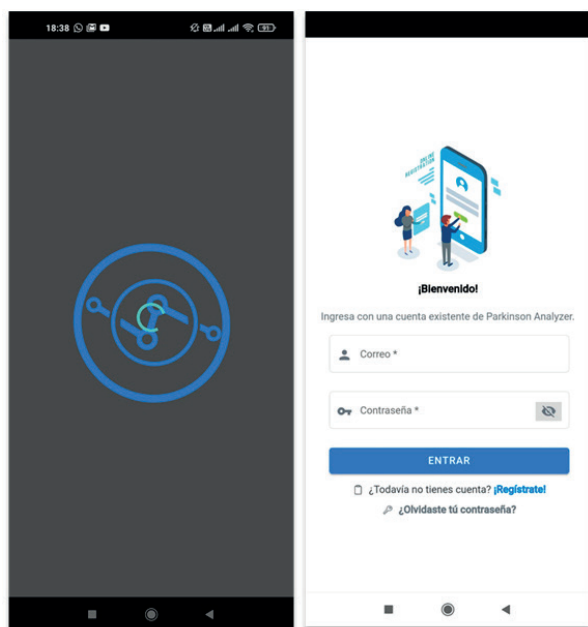
Fuente: (Tello, 2021).

Tabla 4. Descripción de las tablas utilizadas en la base de datos.

Tabla	Descripción
Persona	Se almacena un registro al momento de creación de un usuario.
Usuario	Se almacena el registro del momento de creación y su avatar.
Rol	Se almacenan los roles que tiene la aplicación.
Reporte	Se registran los reportes
Parkinson	Se registran los datos (señala que varían en el tiempo en los ejes X, Y, Z) del temblor de Parkinson, así como la identificación temprana del temblor de Parkinson.
Ubicación	Se almacena la ubicación de la persona.
Medicamento	Se registran los medicamentos que la persona consume.

Figura 4

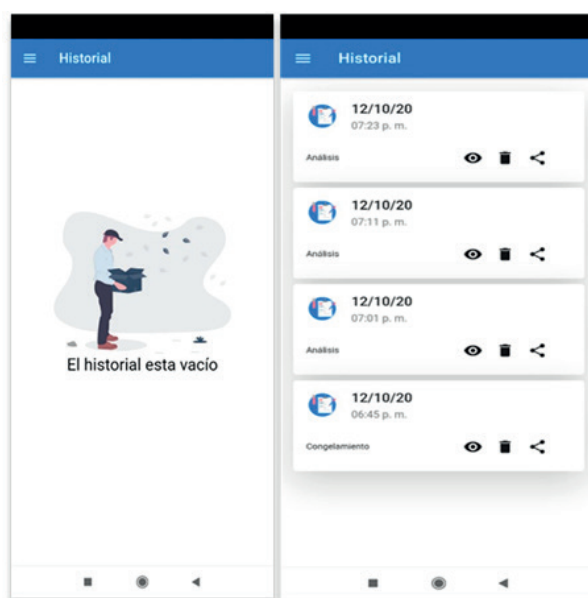
Interfaz inicial de Parkinson Analyzer. A la izquierda, se observa la imagen inicial y a la derecha, los datos de entrada del usuario.



Fuente: (Tello, 2021).

Figura 5

Interfaz de Historial de Parkinson Analyzer. A la izquierda, se observa un historial vacío y a la derecha, se observa un historial con 4 registros.



Fuente: (Tello, 2021).

un color y el resultado en Hz referente a frecuencia de oscilación aparecerá en la pantalla desde la ejecución del programa, al mismo tiempo podremos visualizar la formación del gráfico variando en el tiempo y las medidas realizadas.

i. Procesamiento de Datos

En esta etapa los datos de los ejes X, Y, Z son procesados dentro de la función desarrollada, durante la adquisición los datos en tiempo son transformados en frecuencia utilizando la técnica de Transformada de Fourier Discreta Inversa. De esta forma, los valores de las magnitudes de acelera-

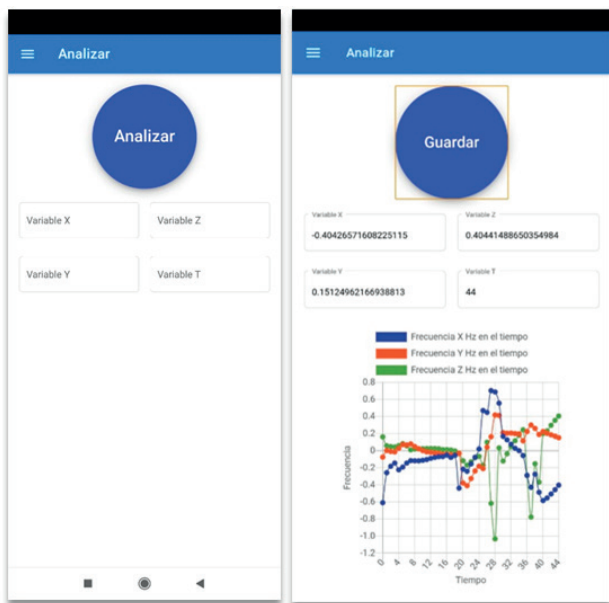
ción de los ejes X, Y, Z del celular son convertidos en valores frecuenciales de vibración expresados en Hercios o Hertz (Hz), valores esenciales para diagnosticar el avance de la enfermedad. Las variables X, Y, Z en el tiempo varían y la figura va conectando y dibujando las medidas en trazos (ver Figura 7).

j. Identificación temprana (predicción) de ocurrencia del temblor Parkinsoniano a través del uso de Regresión Lineal

La identificación temprana o predicción de ocurrencia del temblor Parkinsoniano está basada en

Figura 6

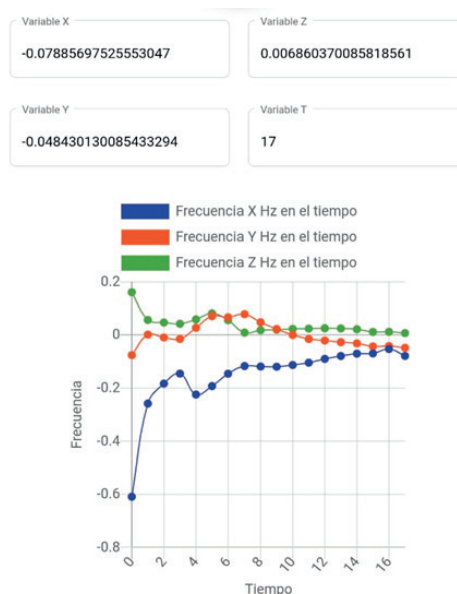
Imágenes de la opción de interfaz de Temblor Parkinsoniano. A la izquierda tenemos la modalidad aún no iniciada, a la derecha, aplicación en ejecución.



Fuente: (Tello, 2021).

Figura 7

Un ejemplo de captura de datos de los ejes X, Y, Z usando la aplicación móvil en ejecución.



Fuente: (Tello, 2021).

el desarrollo de la función “*LinearRegresión*” (ver más detalles en Tello, 2021), en donde los datos adquiridos por la aplicación móvil son transformados en un arreglo/matriz (*array*) de salida donde serán identificados y analizados los 6 resultados siguientes. Adicionalmente, estos valores estarán representados en otro gráfico mostrando apenas identificaciones tempranas (predicciones de ocurrencias). Los cálculos son almacenados y transformados en un archivo de formato PDF para que pueda ser almacenado en el historial. El PDF cuenta con dos páginas (ver Figura 8). La primera página mostrará un resumen conteniendo datos del paciente y resultados del análisis con detalles específicos como hora y fecha de la evaluación, mostrando también un gráfico del registro realizado.

k. Interfaces de la modalidad Alarma

En esta modalidad podremos configurar alarmas de dosificación de medicamentos (ver Figura 9). En ella podemos indicar la cantidad de medicamentos a suministrar y podremos llevar un control de abastecimiento; pues la cantidad de medicamentos disminuye con el pasar de los días.

I. Interfaz de Identificación del Congelamiento

En esta modalidad, tendremos a disposición un indicador conteniendo la hora y fecha exacta del registro de un estado de congelamiento del paciente, permitiéndonos a su vez guardar un historial para una posterior evaluación de los registros (ver Figura 10).

IV. RESULTADOS

En una segunda página del reporte en PDF, son mostrados los resultados de identificación temprana (predicción) del temblor de Parkinson y los valores correspondientes a las aceleraciones de los próximos 6 segundos (identificación de temblor de Parkinson) - ver Figura 11.

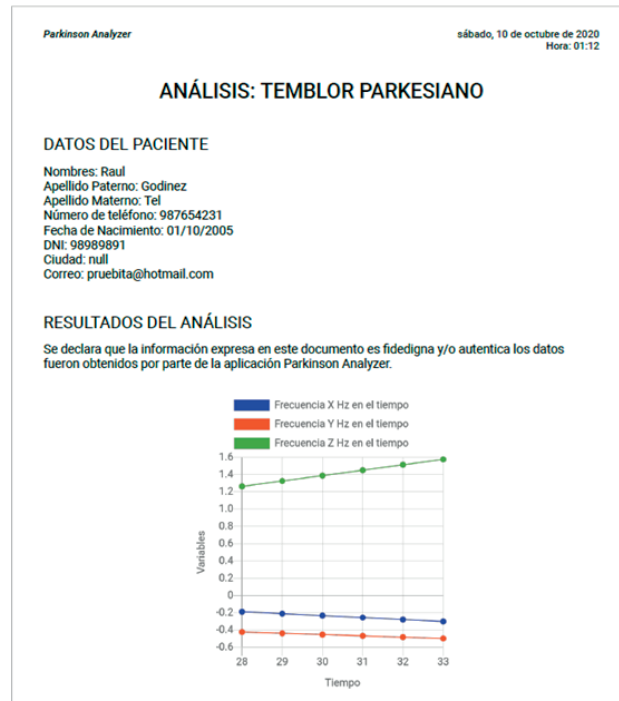
En la Figura 12, son mostradas imágenes de pantalla de la opción de enviar los resultados (Historial de registros) a través de correo electrónico a quien lo solicite o requiera.

V. CONCLUSIONES

Como podemos observar, el desarrollo de esta aplicación móvil contribuye al apoyo a personas con la

Figura 8

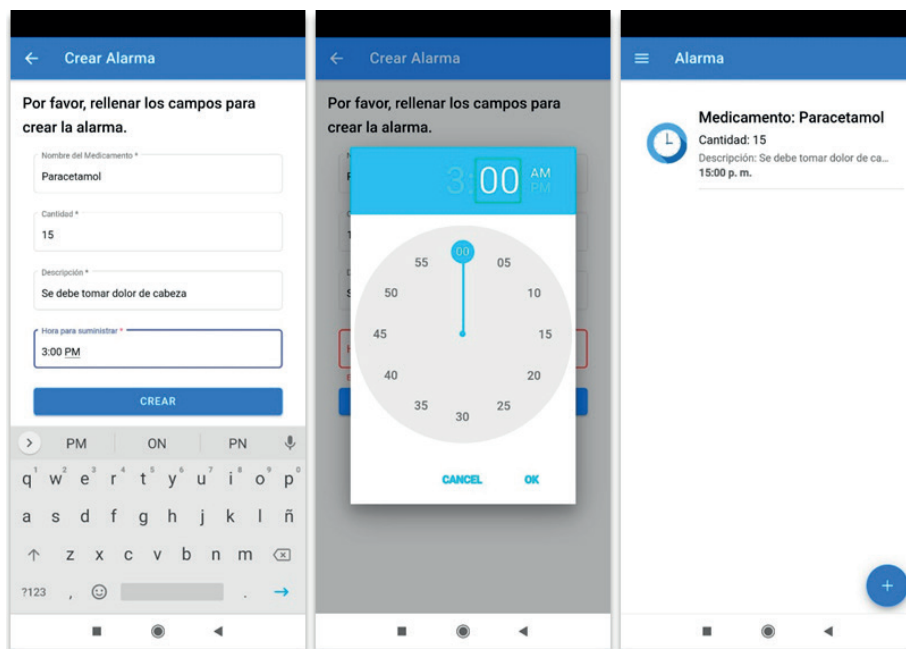
Ejemplo de reporte emitido en formato PDF conteniendo los resultados del análisis de Temblor Parkinsoniano.



Fuente: (Tello, 2021).

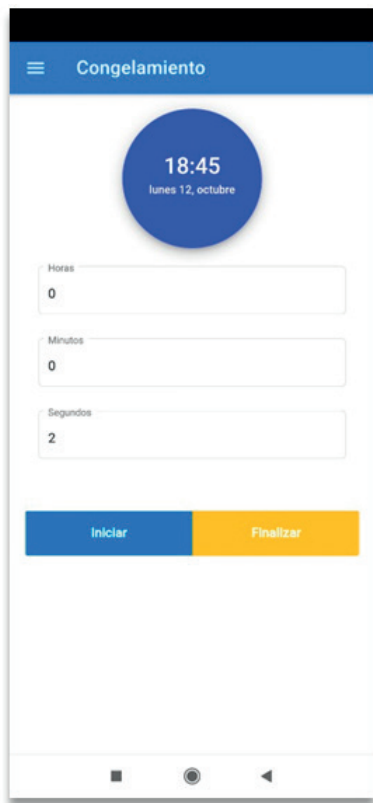
Figura 9

Diversas pantallas de la modalidad Alarma.



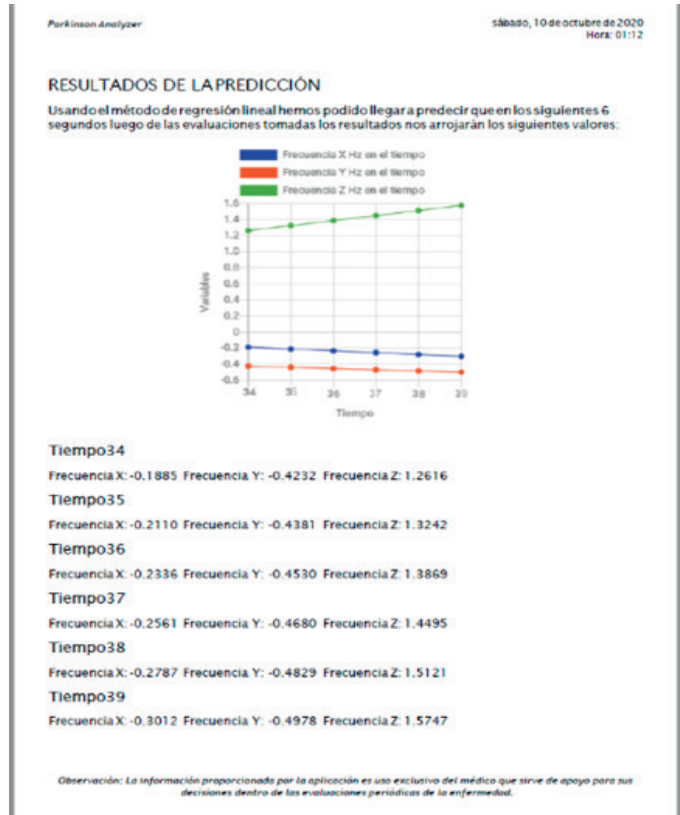
Fuente: (Tello, 2021).

Figura 10
Ejemplo de la interfaz de Identificación del Congelamiento para un usuario.



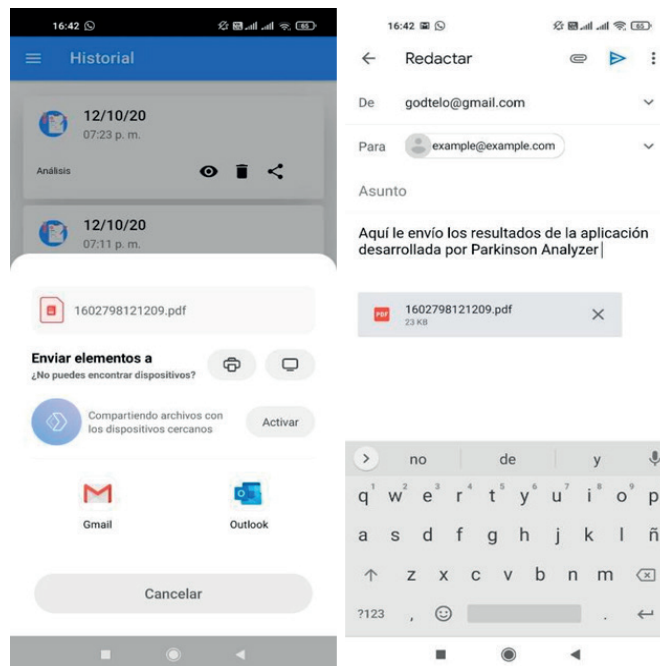
Fuente: (Tello, 2021).

Figura 11
Segunda página referente al reporte de Identificación temprana (predicción) del Temblor Parkinsoniano.



Fuente: (Tello, 2021).

Figura 12
Ejemplo de cómo compartir los resultados del Historial a través de correo electrónico.



Fuente: (Tello, 2021).

enfermedad Parkinson, contribuye con la mejora de la calidad de vida de estas personas y su viabilidad está evidente en la descripción realizada. Por otro lado, este trabajo presenta el desarrollo de aplicaciones que contribuyen al bienestar humano, su masificación podría colaborar con diversos factores socioeconómicos. Aplicaciones en este ramo contribuyen también con el desarrollo de la programación, con el desarrollo de software y genera capital humano comprometido con el prójimo. La aplicación consta de tres niveles para una mayor agilidad en la respuesta del sistema, entre estos niveles, tanto la base de datos y el servidor de la aplicación se encuentran alojados en la nube (área en la computación actualmente denominada de "Computación en la Nube"). Si estos estuvieran en funcionamiento en el dispositivo móvil, el tiempo de respuesta y procesamiento serían mayores. Fueron realizados diversos experimentos iniciales y se diseñó teniendo en cuenta diversos aspectos con el fin de atender a las necesidades de las personas que conviven con la enfermedad de Parkinson.

VI. AGRADECIMIENTOS

A los docentes de la facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por los conocimientos y experiencia brindados a lo largo de mis estudios de pre-grado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] América Economía. (13 de abril de 2018). clustersalud.americaeconomia.com. Obtenido de Cluster Salud: <https://clustersalud.americaeconomia.com/sector-publico/parkinson-un-mal-en-aumento-segun-la-oms>
- [2] Fraiwan, L., Khnouf, R., & Mashagbeh, A. R. (2016). Parkinson's disease hand tremor detection system for mobile application. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 40(3), 127–134. <https://doi.org/10.3109/03091902.2016.1148792>
- [3] García-Botija Aldana, Belén (2019). Diagnóstico de la enfermedad de Parkinson usando deep learning y grabaciones de voz mediante teléfono móvil. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S.I. de Sistemas Informáticos (UPM), Madrid.
- [4] Infobae. (11 de abril de 2019). Infobae. Obtenido de: <https://www.infobae.com/america/ciencia-america/2019/04/11/diagnosico-del-parkinson-a-quienes-afecta-la-segunda-enfermedad-neurodegenerativa-mas-importante-del-mundo/>
- [5] Kan, V., Rajanen, D., Opoku Asare, K., & Ferreira, D. (2018). STOP: A smartphone-based game for Parkinson's disease medication adherence. *Proceedings of the 2018 ACM International Joint Conference and 2018 International Symposium on Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers*.
- [6] Kubben, P. L., Kuijff, M. L., Ackermans, L. P. C. M., Leentjes, A. F. G., & Temel, Y. (2016). TREMOR12: An open-source mobile app for tremor quantification. *Stereotactic and Functional Neurosurgery*, 94(3), 182–186. <https://doi.org/10.1159/000446610>
- [7] La República. (11 de abril de 2018). La República. Obtenido de: <https://larepublica.pe/salud/1225388-minsa-implementa-programa-integral-de-rehabilitacion-para-pacientes-con-parkinson>
- [8] Martínez-Fernández., R., Gasca-Salas C., Sánchez-Ferro, Á., & Ángel Obeso, J. (2016). Actualización En La Enfermedad De Parkinson. *Revista médica Clínica Las Condes*, 27(3), 363–379. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2016.06.010>
- [9] Micheli, F. E., & Fernández Pardal, M. M. (2010). *Neurología*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- [10] Ministerio de Salud. (2010). *Guía Clínica Enfermedad De Parkinson*. Santiago.
- [11] Morris, M. E. (2000). *Movement Disorders in People With Parkinson Disease: A Model for Physical Therapy*. 80, 578–597.
- [12] Palomino Sánchez, Sergio (2018). *Monitorización de la actividad neuromotriz de un paciente de enfermedad de Parkinson*. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S. de Ingenieros Informáticos (UPM), Madrid, España.
- [13] Pérez Ácimas, J. (2018). *Procesado de señales procedentes de smartphones para el análisis de temblores fisiológicos*. Universidad de Valladolid.
- [14] Sahyoun, A., Chehab, K., Al-Madani, O., Aloul, F., & Sagahyoon, A. (2016). ParkNosis: Diagnosing Parkinson's disease using mobile phones. *2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*, 1–6.

- [15] Sánchez Egea, A. J. (2019). Desarrollo de una app para el diagnóstico diferencial de pacientes con Parkinson y temblor esencial. Segundo Encuentro de Ciencia, Innovación y Tecnología de La Escuela de Infantería Del Ejército Nacional (CITINF2019): Bogotá, Colombia, 5 de noviembre de 2019, 1–1.
- [16] Tello, C. R. A. G. (2021). *Monitoreo y predicción del temblor de Parkinson por medio de una aplicación móvil híbrida mediante machine learning*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Software]. Repositorio Institucional Cybertesis UNMSM.
- [17] Zurita, F. (4 de noviembre de 2017). Promoción de la Salud. Obtenido de: <http://www.promocion.salud.gob.mx/cdn/?p=24859>

Fuentes de financiamiento:

Propia.

Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Contribución de los Autores

Los autores en mención han contribuido de forma conjunta y activa en la elaboración de este artículo.