Diseño de una aplicación como ayuda para predecir el riesgo de padecer una isquemia cardiaca

Alex Camayo Chaguendo[1], Jaime Aguilar-Zambrano[2], Helberg Asencio Santofimio[3]
Facultad de Ingeniería y Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana Cali, Colombia.
alexcamayo@outlook.es[1], jaguilar@javerianacali.edu.co[2], hasantofimio@javerianacali.edu.co[3]

***Resumen*—Hoy en día, las enfermedades cardiacas son las principales causas de muerte alrededor del mundo. Por esta razón, en este artículo se realiza una aplicación Android que, no solamente pretende predecir el riesgo de padecer una enfermedad isquémica del corazón como prevención secundaria, sino que también, busca acompañar a los pacientes en su tratamiento de la enfermad. Para lograr lo anterior, se realizó un proceso de diseño con el uso de la Teoría de Solución de Problemas Inventivos TRIZ. De esa manera, se realizó una búsqueda en la literatura científica para caracterizar los sistemas actuales que pretenden atacar la problemática de las enfermedades cardiovasculares. Así, se encontró que Machine Learning es una herramienta de gran uso y con buenos resultados para la predicción de una enfermedad cardiovascular. Sin embargo, se encontró una ausencia de involucrar estos algoritmos en productos de apoyo donde el paciente sea el centro de atención y no sólo la enfermedad. Así, la aplicación de este proyecto lleva el modelo de los estudios a un prototipo inicial que puede ser usado por las personas como un indicador en el tratamiento del padecimiento. Como resultado, se obtuvo una aplicación en la plataforma Android que utiliza Tensorflow para el desarrollo del modelo Machine Learning, y Firebase junto con Android Studio para crear las interfaces.**

***Palabras clave*—Enfermedad isquémica del corazón, Metodología TRIZ, Machine Learning, Aplicación Android, Comunicación inalámbrica.**

I. Introducción

LAS enfermedades relacionadas con el corazón junto con las cerebrovasculares y la respiratorias son las principales causas de muerte a nivel mundial [1]. Dentro del primer grupo de enfermedades se tiene a la isquemia cardiaca (EIC), la cual se presenta en las personas cuando el flujo sanguíneo al corazón se reduce, lo que impide que el músculo cardiaco reciba suficiente oxígeno [1]. Dicha reducción del flujo sanguíneo generalmente se produce debido a una obstrucción parcial o total de las arterias del corazón. Debido a lo anterior, el tratamiento para la isquemia cardiaca implica lograr mejorar el flujo sanguíneo al corazón. Tal tratamiento puede incluir medicamentos, un procedimiento para abrir las arterias bloqueadas (angioplastia) o cirugía de baipás [2]. Sin embargo, la detección a tiempo de la isquemia cardiaca juega un papel crucial en la salud de las personas, además de ser un factor importante que permite reducir los costos del tratamiento.

Durante el tratamiento de una EIC se recopilan ciertos datos relacionados con la enfermedad (edad, nivel de colesterol, ritmo cardiaco del paciente, etc.). Luego, dentro de esa gran cantidad de datos se pueden encontrar patrones que permitan a otras personas conocer si ciertos factores de riesgo pueden desencadenar una EIC con el fin de prevenir que ocurra un episodio grave de la enfermedad. Pero, tales patrones no son fácilmente encontrados con el tratamiento de datos tradicional. De esta manera, herramientas computacionales como Machine Learning juegan un papel importante en la búsqueda de información en esas bases de datos. Sin embargo, en la literatura científica se encuentran trabajos de optimización de modelos Machine Learning [1], [3], [6], [7], [8], [9], [10], que tienen muy poca una orientación de servicio al paciente y poca intención de presentar algún tipo de producto de aplicación de sus proyectos. Así, considerando lo anterior, se puede diseñar una aplicación para predecir el riesgo de padecer una EIC, que tenga en cuenta las necesidades del usuario. Pero, generalmente sucede que una vez se plantea el problema, rápidamente se quiere llegar a la solución, dejando a un lado aspectos importantes. Por lo anterior, se utiliza la metodología TRIZ (ver figura 1), desarrollada por Genrich Altshuller [4] en 1946, la cual plantea principios universales de invención de productos, los cuales hacen que los procesos inventivos sean más predecibles.

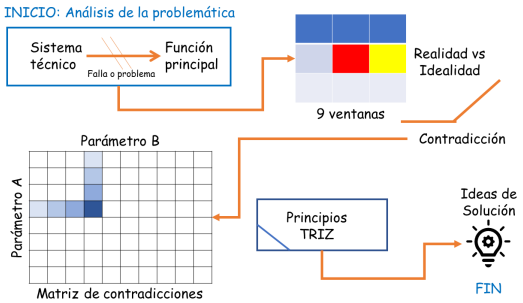

Figura 1: Proceso inventivo TRIZ

II. Metodología

La metodología TRIZ consiste en un conjunto de herramientas basadas en el conocimiento de la ciencia y la tecnología. TRIZ plantea principios universales de invención para productos, los cuales hacen que los procesos inventivos sean

más predecibles, además de servir como base para obtener innovaciones a favor de la tecnología teniendo en cuenta aspectos de **idealidad**, **contradicción** y **evolución de los sistemas técnicos**. En primer lugar, para la utilización de TRIZ se debe ver la problemática a partir de un sistema técnico, que se define como la representación de un producto (sistema) que toma la energía del exterior para realizar una función principal sobre un objeto.

En este caso, se puede tomar al sistema cardiovascular como sistema técnico, que tiene como fuente energética "los alimentos", y su función principal es suplir las necesidades de los tejidos corporales, llevando hasta ellos los nutrientes y desechando los productos del metabolismo. Así, una EIC hace que algunas partes del sistema cardiovascular como el corazón, venas y arterias sufran una afección, lo cual hace que la función principal NO se lleve a cabo correctamente. Por tal motivo, para encontrar una solución que pretenda acompañar al paciente en el tratamiento prediciendo el riesgo de padecer una EIC, en este proyecto se hará uso de dos técnicas que principalmente se utilizan para la teoría TRIZ:

- la técnica de las 9 ventanas
- la matriz de contradicciones

La primera técnica permite realizar un análisis del problema de forma sistémica, creando como tal un sistema técnico que cumpla una función principal; este se proyecta al futuro de manera que en el límite alcance la idealidad de este mismo. De esta manera, se obtienen patrones de evolución de un producto esperado, y se detectan ciertas contradicciones técnicas que desde el presente le impiden llegar a cumplir esa idealidad hipotética del futuro. Por ejemplo, en la ventana 1 se pueden encontrar los diversos algoritmos o métodos de la literatura científica para predecir el riesgo de una EIC. Igualmente, en la ventana anterior, se consideran las aplicaciones comerciales que acompañan a las personas en el cuidado de la salud como HeartWatch de Tantsissa [11] (que posteriormente se toma como sistema presente para plantear las contradicciones). En la figura 2 se puede observar la ubicación de cada ventana de forma espacial y temporal.

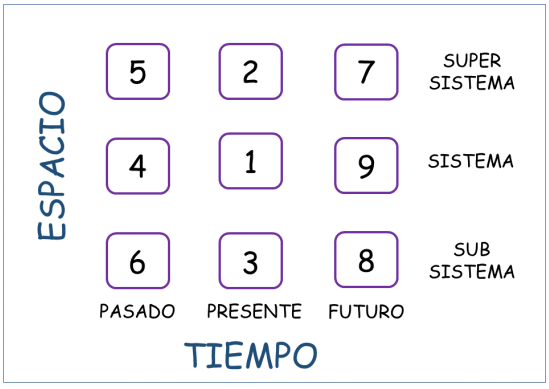

Figura 2: Nueve ventanas

Luego de resolver la técnica de las nueve ventanas, se deben detectar contradicciones (estas se encuentran en el análisis de las ventanas 1 y 9 de las nueve ventanas) en el sistema cuando dos parámetros técnicos sean opuestos, es decir, cuando se dé el caso de que al mejorar una característica del sistema se desmejore otra (ejemplo: yo quiero que el sistema sea más independiente pero no lo puedo hacer con el sistema actual porque la complejidad del dispositivo aumentaría). Para resolver este dilema, TRIZ plantea 40 soluciones o principios de invención que se aplican en general a cualquier problema. En la figura 3 se puede observar la forma de la matriz de contradicciones.

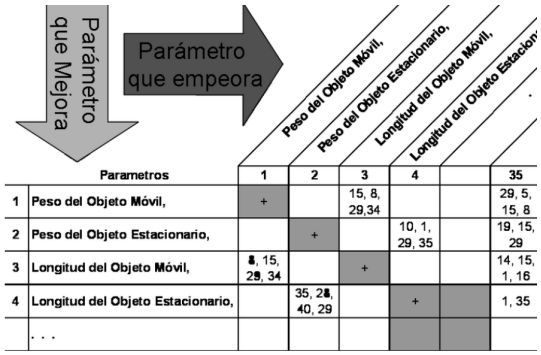

Figura 3: Tabla de contradicciones [4]

.

Luego, una vez se tengan dichos requerimientos, se procede a seleccionar los materiales y elementos (hardware, software, bases de datos ya existentes de pacientes que han padecido una EIC u otros) más adecuados para el diseño del producto. Después, se debe realizar el diseño exterior del producto, es decir, la interfaz con el usurario, que debe tener en cuenta la comodidad del paciente y/o del cardiólogo. En la figura 4 se observa el resumen de la metodología del proyecto.

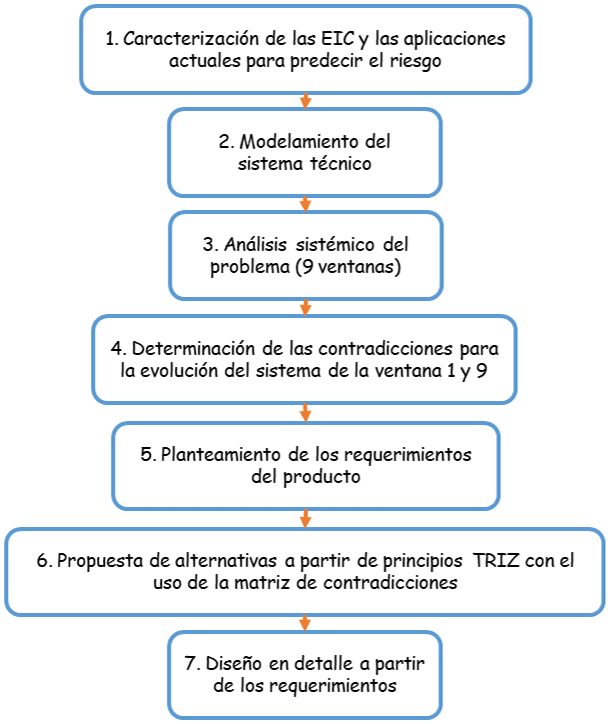

Figura 4: Resumen del conjunto de actividades a realizar

.

III. Resultados

Con el seguimiento de la metodología TRIZ y el contacto con personal de la salud y personas que han padecido un episodio grave de enfermedad cardiovascular, se obtuvieron los siguientes requerimientos funcionales (R.F.) para la aplicación:

1. Predecir el riesgo de una EIC a través de un método computacional.
2. Presentar una serie de recordatorios informativos sobre las actividades del tratamiento.
3. Adquirir los valores de la frecuencia cardiaca para ser usados en la predicción de la EIC.

Asi, para el R.F. 1 se utilizaron herramientas como Python, TensorFlow y Android Studio para el desarrollo de la interfaz en la aplicación. Ahora bien, para el desarrollo del algoritmo Machine Learning, primero se importa la base de datos del UCI Machine Learning Repository - Cleveland Database [5] que tiene 297 muestras. Después, para verificar la efectividad del modelo, se hace una división de la base de datos en entrenamiento y prueba. De esa manera, el 80 % (238 muestras) de la información es para entrenamiento y el 20 % (59 muestras) queda para una evaluación final. Seguidamente, se hace una normalización de los datos. Luego, se procede con la construcción del modelo con Tensorflow. Para ello, se utiliza una red neuronal artificial. Finalmente, al entrenar el modelo con el conjunto de entrenamiento, se obtuvo una precisión cercana al 91 % cuando se hizo la evaluación en el conjunto de prueba. Este modelo Machine Learning se exporta a Android Studio en formato ".tflite". En la figura 5 se observa la interfaz en la aplicación para hacer la predicción. Cabe resaltar que el algoritmo entrega una predicción binaria, es decir, **SÍ** hay riesgo o **NO** hay riesgo.

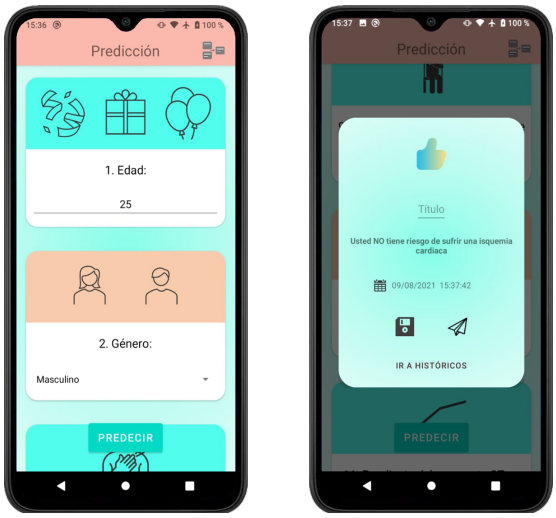

Figura 5: Interfaz para la predicción del riesgo de una EIC

Ahora, respecto al R.F. 2, se utilizó mayormente Android Studio y Firebase para el desarrollo de una interfaz de recordatorios y recomendaciones donde el paciente y el especialista podían ajustarlos a su gusto (ver figura 6).

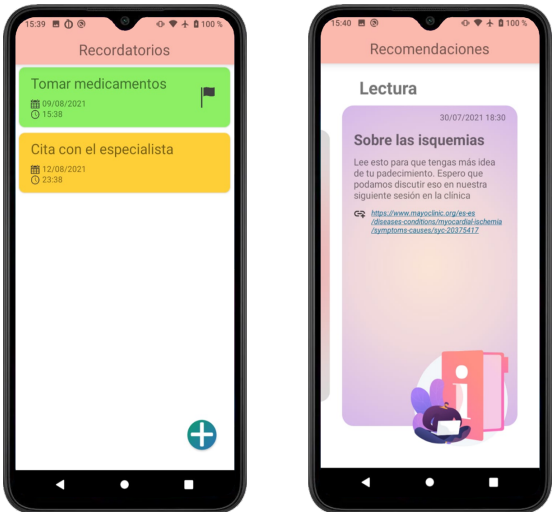

Figura 6: Interfaz de recordatorios y recomendaciones

Finalmente, para el R.F. 3 se utilizó el sensor MAX30102 junto con el microcontrolador ESP32 para el desarrollo de un subsistema de medición de frecuencia cardiaca. Estos elementos hardware se encuentran contenidos dentro de una carcasa protectora y poseen como fuente de alimentación un par de baterías triple A. En la figura 7 se observa la interfaz en la aplicación para recibir y almacenar los datos de frecuencia cardiaca. Igualmente, en la figura 8 se detalla la forma del subsistema de medición de frecuencia cardiaca.

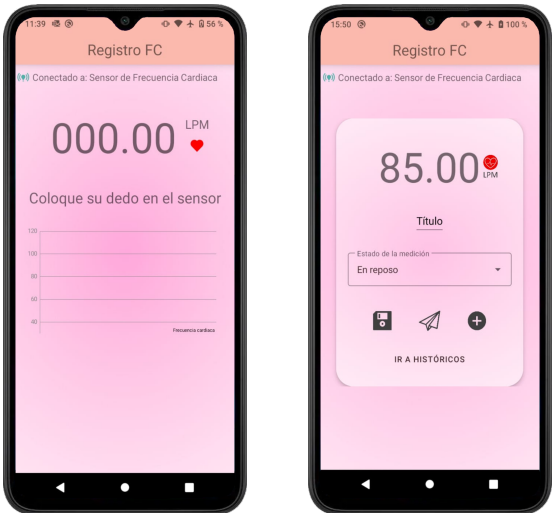

Figura 7: Interfaz de medición de frecuencia cardiaca

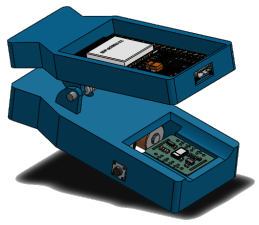

Figura 8: Subsistema de medición de frecuencia cardiaca

IV. Conclusiones

Se diseño y se construyó una aplicación para predecir el riesgo de una enfermedad isquémica del corazón. Además, esta cuenta con otros elementos que pretenden acompañar al paciente en el tratamiento. Se hizo un proyecto de diseño estructurado desde la concepción del problema, el planteamiento de los requerimientos y el desarrollo de un producto. Esta aplicación es un aporte a la prevención de enfermedades del sistema cardiovascular centrado en las necesidades del paciente ya que la literatura científica carece de este enfoque. Este trabajo contribuye tanto a la visión de la universidad Javeriana Cali como al cumplimiento de uno de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU [12]. Se construyó un sistema tecnológico accesible para las personas con herramientas de software abiertas y elementos hardware de bajo costo.

Referencias

[1] A. Ul Haq , J. Ping Li ,M. Hammad Memon ,S. Nazir ,R. Sun, "A Hybrid Intelligent System Framework for the Prediction of Heart Disease Using Machine Learning Algorithms", *Hindawi Mobile Information Systems*, vol. 2018, p.1, 2018.

[2] Mayo Clinic, Isquemia miocárdica, 2019. Disponible en: https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/myocardial-ischemia/symptoms-causes/syc-20375417. Consultado el 19 de septiembre de 2020.

[3] P. I. Dorado Dıaz, J. Sampedro-Gómez, V. V. Palacios, P. L. Sánchez, "Applications of Artificial Intelligence in Cardiology. The Future is Already Here",*Revista Española de Cardiología*, vol. 72, no. 12, p. 2, 2019.

[4] S. Savransky, Engineering of Creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving (Primera edición), *CRC Press*, 2000.

[5] K. Bache and M. Lichman, "UCI Machine Learning Repository [http://archive. ics. uci. edu/ml]. University of California, School of Information and Computer Science,Ïrvine, CA, 2013.

[6] A. H. Gonsalves, F. Thabtah, R. M. A. Mohammad, G. Singh, "Prediction of Coronary Heart Disease using Machine Learning: An Experimental Analysis, *ICDLT 2019: Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Deep Learning Technologies*, p. 51-56, 2019.

[7] A. Vallée, A. Cinaud, V. Blachier, H. Lelong, M. E. Safara, J. Blachera, "Coronary heart disease diagnosis by artificial neural networks including aortic pulse wave velocity index and clinical parameters", *Journal of hypertension*, vol. 37, no. 8, p. 5, 2019.

[8] P. Amirtharaj, K.Rajeswari, V.Vaithiyanathan, "A novel risk level classification of ischemic heart disease using artificial neural network technique", *University Journal of Surgery and Surgical Specialities*, vol. 4, no. 4, p. 1-4, 2018.

[9] CM. Wu, M. Badshah, V. Bhagwat, "Heart Disease Prediction Using Data Mining Techniques", *DSIT 2019: Proceedings of the 2019 2nd International Conference on Data Science and Information Technology*, p. 7-11, 2019

[10] A. Mahajan, G. Pottie, W. Kaiser, "Transformation in Healthcare by Wearable Devices for Diagnostics and Guidance of Treatment", *ACM Transactions on Computing for Healthcare*, vol. 1, no. 1, p. 1-10, 2020.

[11] D. Bernal, "HeartWatch, la app con más información sobre nuestro ritmo cardiaco, se actualiza con nuevas funciones". *Applesfera*. Disponible en: https://www.applesfera.com/, 2020. Consultado el 25 de marzo de 2021.

[12] PNUD, "Objetivos de Desarrollo Sostenible". Disponible en: https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html, 2015.