



Aplicación innovadora para dispositivos Android para el diagnóstico, evaluación y tratamiento de la hipertensión arterial

Rafael Alejandro Olivera Solís, Daríel Reyes Morel, José A. García Ocaña, Emilio González Rodríguez, Merlin Garí Llanes

RESUMEN / ABSTRACT

Las enfermedades cardiovasculares son una de las principales causas de muerte en el mundo y en Cuba. La hipertensión arterial tiene una prevalencia muy considerable en la población cubana, siendo el factor de riesgo de mayor ocurrencia. Como parte del proceso de informatización y difusión del conocimiento, el objetivo del trabajo es presentar una aplicación para el sistema operativo Android que contribuya al diagnóstico, evaluación y tratamiento de la hipertensión arterial de una manera más accesible a la población y al personal médico, incluyendo otras herramientas para el mejor control de la hipertensión. Esta herramienta, desarrollada en Android Studio, está dirigida a la atención primaria de salud y se centra en la ruta del paciente. No presenta requisitos adicionales de almacenamiento ni procesamiento por lo que puede utilizarse en una gama amplia de teléfonos móviles con sistema operativo Android. Los datos generados en el dispositivo tienen formato XML, por lo que el fichero almacenado no sobrepasa los kilo-bytes de información. La aplicación contiene un texto guía, calculadoras de interés médico, recomendaciones farmacológicas y no farmacológicas según la evaluación clínica. Además, incluye la estrategia de tratamiento de la hipertensión en Cuba según la evaluación clínica individual, aclarando los fármacos a utilizar. También incluye una interfaz para la adquisición de datos de personas. La aplicación obtuvo un puntaje SUS promedio de 93,61, luego de ser evaluada por especialistas y no especialistas en cardiología.

Palabras claves: Android, Hipertensión, Diagnóstico, Evaluación, Tratamiento, mHealth, Enfermedades Cardiovasculares

Cardiovascular diseases are one of the leading causes of death in the world and in Cuba. Hypertension has a very considerable prevalence in the Cuban population, being the risk factor with the highest occurrence. As part of the process of computerization and distribution of knowledge, the objective of the work is to present an application for the Android operating system to contribute to the diagnosis, evaluation and treatment of Hypertension in a more accessible way to the population and medical staff, including other tools for the best hypertension control. This tool, developed in Android Studio, is aimed at primary health care and focuses on the patient's path. It has no additional storage or processing requirements so it can be used on a wide range of Android mobile phones. The data generated in the device is in XML format, so the stored file does not exceed kilobytes of information. The application contains a guiding text, calculators of medical interest, pharmacological and non-pharmacological recommendations depending on the clinical evaluation. In addition, it includes the strategy of hypertension treatment in Cuba according to the individual clinical evaluation, clarifying the drugs to be used. It also includes an interface for the acquisition of data from individuals. The application obtained an average SUS score of 93.61, after being evaluated by cardiology specialists and non-specialists.

Keywords: Android, Hypertension, Diagnosis, Evaluation, Treatment, mHealth, Cardiovascular Diseases

Innovative Android application as support in the diagnosis, evaluation and treatment of hypertension.

1. -INTRODUCCIÓN

La salud electrónica ofrece enormes oportunidades en el contexto actual de cambio demográfico, costos crecientes de atención médica y disponibilidad limitada de profesionales de la salud en todo el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud, "la salud digital, o el uso de tecnologías digitales para la salud, se ha convertido en un campo de práctica destacado para

emplear formas de tecnología de la información y la comunicación (TIC) rutinarias e innovadoras para abordar las necesidades de salud". El término salud digital evolucionó a partir del concepto de e-health, del cual mHealth (salud móvil) es un subconjunto. El término e-salud puede entenderse como "un término general amplio que abarca la e-salud (que incluye la salud móvil), así como áreas emergentes como el uso de informática avanzada en 'big data', genómica e inteligencia artificial" [1]. En la última década, el uso de móviles y *smartphones* ha crecido exponencialmente. Según un informe de 2021 [2], la gran mayoría de los estadounidenses (97 por ciento) posee algún tipo de teléfono celular, mientras que la proporción de estadounidenses que poseen teléfonos inteligentes es del 81 por ciento. En Cuba, según [3] existen hasta el 2020 más de 6 420 000 abonados del sistema móvil celular, lo que representa el 64 % de la población cubana mayores de 10 años. De ellos más de 3 478 000 acceden a internet mediante la red celular, en cualquiera de las tecnologías de acceso. Ello representa, aproximadamente, el 54,2 % del total de abonados de la red celular.

La salud móvil se define como la comunicación o consulta entre profesionales de la salud y pacientes utilizando las funciones de voz, texto, datos, imágenes o video de un dispositivo móvil. Se puede aplicar a otras situaciones, por ejemplo, el manejo de enfermedades crónicas de pacientes que viven en casa. La escasez de recursos humanos en el sector de la salud representa una importante barrera para el acceso de los pacientes al tratamiento y/o atención especializada. Las tecnologías móviles presentan una oportunidad para superar este desafío al conectar a pacientes, trabajadores comunitarios de la salud y médicos en áreas urbanas y rurales [4,5].

Las soluciones de mHealth pueden aumentar la eficacia de la prestación de atención médica en todas las vías de solución del paciente, desde el bienestar hasta el monitoreo, al influir positivamente en el comportamiento del paciente, hacer que la atención esté más centrada en el paciente y mejorar los resultados clínicos. La salud móvil puede ayudar a las personas a recibir una atención de mayor calidad a costos más bajos. Al mejorar la prestación de atención médica en las cuatro dimensiones que se enumeran a continuación, las soluciones de mHealth pueden reducir las hospitalizaciones, permitir una vida más saludable y crear una base de empleados más productiva, facilitando un impacto socioeconómico significativo [6,7]:

- **Bienestar y prevención:** ayudar a los ciudadanos a hacer que sus vidas sean más saludables mejorando los estilos de vida y reduciendo la incidencia de enfermedades a través de la educación, la concienciación y los cambios de comportamiento.
- **Diagnóstico:** Agilizar el diagnóstico de enfermedades crónicas para limitar su gravedad y los costes asociados al tratamiento.
- **Tratamiento y seguimiento:** Administrar la atención de forma remota a través de tecnologías de comunicación basadas en dispositivos móviles que respaldan la movilidad de los pacientes y reducen la necesidad de visitar hospitales.
- **Sistemas de atención médica más sólidos:** mejorar la toma de decisiones clínicas y mejorar la utilización de los recursos de atención médica físicos y humanos al proporcionar al sistema y al personal más información y análisis.

En [8] se realiza un estudio sobre las aplicaciones móviles mHealth reguladas y no reguladas por la Administración de Alimentos y Medicamentos de EE.UU. Dentro de las aplicaciones reguladas hay tres categorías establecidas en el documento regulatorio que se refieren a [9]:

1. Aplicaciones móviles que son una extensión de uno o más dispositivos médicos mediante su interconexión. Tienen el fin de controlarlos (las aplicaciones), mostrar, almacenar, analizar o transmitir datos desde dichos dispositivos del paciente hasta el personal médico.
2. Aplicaciones móviles que transforman la plataforma móvil en un dispositivo regulado mediante el uso de archivos adjuntos, pantallas de visualización o sensores o mediante la inclusión de funciones similares a las de los dispositivos médicos actualmente regulados.
3. Aplicaciones móviles que se convierten en un dispositivo médico regulado (software) mediante la realización de análisis específicos del paciente y el suministro de diagnósticos específicos del paciente o recomendaciones de tratamiento.

Las aplicaciones móviles de mHealth enfocadas en la Ruta del Paciente que brindan análisis, diagnósticos específicos y recomendaciones de tratamiento son diversas. Se enfocan en el control de las mediciones de la presión arterial (PA), así como parte de arquitecturas mHealth garantizando el correcto funcionamiento de alarmas y recordatorios a pacientes y personal médico. En [10] se demuestra la relevancia de las aplicaciones mHealth en el control y prevención de la hipertensión. Las aplicaciones de mHealth con alarmas y recordatorios pueden aumentar el cumplimiento de la medicación, mientras que las aplicaciones que comparten datos de PA ambulatoria con los médicos de los pacientes pueden fomentar un diálogo eficaz médico-paciente. Sin embargo, la herramienta más influyente para lograr resultados positivos de PA parece ser la retroalimentación dirigida por el paciente sobre las tendencias de PA. Los sistemas mHealth se consideran como una herramienta para el control de PA, basada en una arquitectura de varias etapas o procesos [11]:

- Medir PA.
- Registrar datos de PA.

- Facilitar la comunicación con los proveedores de atención médica.
- Proporcionar retroalimentación dirigida al paciente.
- Mejorar la adherencia a la medicación.
- Mejorar el autocontrol de la PA.

Las aplicaciones para teléfonos inteligentes que brindan a los pacientes recordatorios de medicamentos, brindan comentarios dirigidos y se comunican con los proveedores de atención médica del individuo. Constituyen una herramienta efectiva para mejorar los resultados de la PA. En [11] se resalta la estructura de las aplicaciones mHealth capaces de gestionar y controlar la PA de las personas. Al final, realizan un estudio del impacto de las aplicaciones de mHealth para el control de la PA, pero no realizan un análisis de los factores de riesgo que conducen a esta morbilidad y no se tienen en cuenta para proponer modificaciones en el estilo de vida. Se hace referencia a la importancia de la retroalimentación entre pacientes y personal médico, y aplicaciones y pacientes.

En [12] se realiza un estudio de la diversidad de aplicaciones, para dispositivos móviles, dedicadas a la prevención de enfermedades crónicas, específicamente enfermedades cardiovasculares. El aspecto más relevante de este estudio es la cantidad y diversidad de aplicaciones móviles enfocadas a diversos fines preventivos. También se incluyen aplicaciones que promueven la modificación hacia estilos de vida saludables, de las cuales 23 a las enfermedades cardiovasculares (ECV). También hacen una propuesta de aplicación para teléfonos móviles, para Android e iOS (CVD App), enfocada principalmente a la prevención de ECV a partir de la modificación de estilos de vida, atendiendo a la monitorización de los diferentes parámetros básicos, colesterol, glucosa, PA y frecuencia cardíaca. La aplicación está desarrollada solo para asistencia al paciente. No tiene módulos diseñados para uso clínico. Por tanto, no contiene los factores de riesgo cardiovascular, desde el punto de vista clínico, que conducen al desarrollo de enfermedades cardiovasculares y que permiten estimar el riesgo cardiovascular total.

La aplicación descrita en [13] tiene como objetivo ayudar a una dieta y un ejercicio responsables mediante el control constante del IMC (Índice de Masa Corporal), la PA y la ingesta calórica. Esto promueve el monitoreo constante de estilos de vida saludables para comunidades donde los hospitales y centros de salud son naturalmente inaccesibles. La aplicación utiliza lo estipulado en [14] como información de referencia y especifica claramente que las medidas utilizadas son la ingesta de alimentos, el ejercicio realizado, la PA, el peso corporal, el IMC y la frecuencia cardíaca. También registra la actividad física y el sistema de alimentación que lleva la persona. La combinación efectiva de toda esta información le permite brindar recomendaciones instantáneas de modificación del estilo de vida. Sin embargo, a pesar de todos los beneficios descritos anteriormente, no realiza diagnósticos básicos basados en la información recopilada. Es una aplicación diseñada para personas que no tienen conocimiento médico.

La Comisión Nacional Asesora Técnica del Programa de Hipertensión Arterial del Ministerio de Salud Pública (MINSAP) es la encargada de mantener actualizado el trabajo sobre Hipertensión Arterial. Fruto de este trabajo, la denominada “Guía de Hipertensión Arterial”, como se le conoce comúnmente, tuvo su origen en el primer Programa Nacional de Hipertensión Arterial, publicado en 1998 y distribuido en todo el país. Fue actualizada y le siguieron ediciones de la Guía en 2003, 2006 y 2008. Debido a los años transcurridos desde su última actualización se decidió abordar su actualización, lo que resultó en la nueva guía del 2018, siendo el Premio Anual de Salud 2018 como Innovación Tecnológica. Este trabajo presenta una aplicación para el sistema operativo Android para la prevención, diagnóstico y tratamiento, basada en la última actualización de la Guía Cubana de Diagnóstico, Evaluación y Tratamiento de la HTA [15]. Esta aplicación está dirigida principalmente a la atención primaria de salud, donde los médicos (Medicina General Integral) no cuentan con la información suficiente ni con el criterio correcto para tomar las conductas adecuadas en los casos de hipertensión. Está diseñado para que el personal médico pueda realizar de manera rápida y eficiente las acciones necesarias para registrar, diagnosticar y orientar a los posibles pacientes hipertensos de la comunidad. La aplicación es el primer paso hacia el desarrollo de un sistema de salud móvil estandarizado.

El artículo está estructurado de la siguiente manera: La siguiente sección explica, en detalle, la estructura de la aplicación y el flujo de cada una de las clases y controladores. Posteriormente, los resultados se muestran en el apartado 3, en el que se muestra el funcionamiento de la aplicación (diagnóstico, evaluación, registro y tratamiento), tomando como ejemplo dos casos de estudio ficticios. Luego la discusión de los mismos se realiza en la sección 4 en base a aspectos relevantes de la herramienta desarrollada. Posteriormente, las conclusiones se resumen en la sección 5.

2.- Estructura de la Aplicación

La aplicación HTACUBA comenzó a desarrollarse en 2018 a partir de la necesidad planteada por la Comisión Nacional de Hipertensión Arterial de digitalizar la Guía Cubana de Hipertensión Arterial. Esto permitiría el acceso masivo a los contenidos de la guía por parte de la atención primaria de salud, como sector no especialista del sistema de salud sobre los procedimientos adecuados con pacientes hipertensos.

La aplicación está desarrollada en Android Studio utilizando el lenguaje Java, nativo de los sistemas Android, además del lenguaje HTML para los contenidos por su versatilidad a diferentes configuraciones de pantalla y su fácil edición. La aplicación se encuentra en su versión de evaluación 1.0.1 y es compatible con dispositivos con una versión igual o superior a Android 4.2.2 (Jelly Bean-API 17).

En esta sección se explicarán las diferentes iniciativas que han hecho posible la construcción de la aplicación. Se describen los métodos utilizados y las diferentes secuencias operativas.

2.1.- Estructura funcional

La aplicación fue desarrollada con una estructura basada en controladores y clases. La Tabla 1 compila los controladores, las clases que contiene cada uno y los métodos que se implementan en cada una de las clases.

Tabla 1
Controladores, clases y métodos de la aplicación

Controladores	Clases (Métodos)	Descripción
Menú Principal		Contiene los demás controladores de la aplicación
Guía de Hipertensión		Contiene el texto completo de la guía
Calculadoras	<i>IMC(getIMC()), HTAGrade(getHTAGrade()), LOD(getLOD()), HTA-Sickness(getSickness()), Risk(getRiskScore(), getRisk()), FormActivityRisk</i>	Contiene las calculadoras de IMC, Grado de hipertensión, y el contador de Factores de Riesgo
Recomendaciones Farmacológicas	<i>FormActivityRisk(getRiskFlag)</i>	Establece el número y tipo de recomendaciones clínicas que debe dar el personal médico
Recomendaciones no Farmacológicas		Contiene recomendaciones hacia estilos de vida saludables agrupadas por grupos de edades.
Tratamiento	<i>Treatment(getTreatment()), Parserstep</i>	Establece el esquema de tratamiento hipertensivo
Modo Médico	<i>Patient(addRepport())</i>	Genera el registro de los pacientes hipertensos con sus datos más relevantes
Actividad del Paciente		Genera el registro de diagnóstico médico y se enlaza con la clase "Tratamiento"

El diagrama funcional de la aplicación se muestra en la Figura 1. Estas dos instancias nos permiten entender, en un primer momento, la estructura de la aplicación. Sin embargo, las siguientes secciones detallan cada una de estas estructuras y las clases y métodos implementados.

Los controladores de aplicación se enumeran a continuación

1. **Ventana Principal:** Contiene en su estructura los demás controladores que funcionan dentro de la aplicación.
2. **Guía de Hipertensión:** Esta estructura contiene el texto completo de la guía. Se desarrolló un módulo basado en HTML para gestionar la información de dos formas diferentes, por texto continuo y por contenido específico. En esta última forma, se desarrolló un menú de navegación para consultar cualquier contenido independiente. Este controlador ha estado presente desde la primera versión de la aplicación desarrollada.
3. **Calculadoras:** esta estructura tiene tres clases independientes que se subordinan directamente con el propio controlador y a otros controladores de la aplicación. Las clases son: Calculadora de IMC (*IMC*), Clasificador de grado de hipertensión (*HTAGrade*) y Contador de factores de riesgo cardiovascular (*Risk*).
4. **Recomendaciones farmacológicas:** Esta estructura depende de la información recolectada por la clase *FormActivityRisk*. Establece el número y tipo de recomendaciones que debe brindar el personal médico.
5. **Recomendaciones no farmacológicas:** Esta estructura no depende de otras dentro de la aplicación. Está enfocada a la modificación hacia estilos de vida saludables por parte de los grupos de riesgo.

6. **Tratamiento:** esta estructura está estrechamente ligada a otras clases de aplicaciones y controladores. Establece el esquema de tratamiento clínico, dividido en fases. Puede ser invocado de forma independiente dentro de la ventana principal, pero también funciona integrado al modo médico, brindando la información necesaria a la ficha del paciente.
7. **Modo Médico:** Este controlador a su vez dirige otra estructura llamada *PatientActivity* y genera los registros de pacientes hipertensos con sus datos más relevantes. El registro se guarda en el dispositivo en un fichero en formato XML con bajos requerimientos de almacenamiento. Ello permite realizar un seguimiento de cada persona una vez que se ingresan en la aplicación.
8. **Actividad del Paciente:** Controlador que utiliza las clases *IMC* y *HTAGrade* para generar una historia clínica diagnóstica. También está vinculado al módulo de tratamiento para crear un registro completo del paciente y su estado clínico.

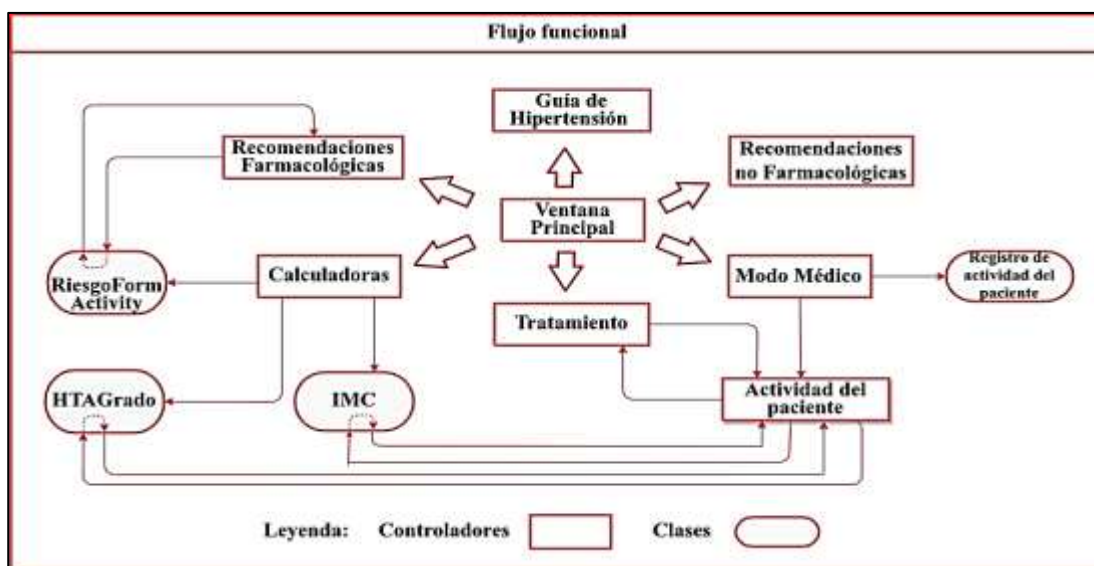


Figura 1

Controladores y Clases principales

2.2.- Calculadoras

Esta sección se compone de cinco clases fundamentales, *IMC*, *HTA*, *LOD*, *HTASickness* y *Risk*.

- **IMC:** Determina el índice de masa corporal del paciente a partir de los parámetros de peso y altura. Devuelve el valor del mismo y el grado de obesidad con respecto a este indicador implementando el método *getIMC ()*
- **HTA:** Determina el grado de hipertensión del individuo, en base a los parámetros PAS (presión arterial sistólica) y PAD (presión arterial diastólica), pertenecientes al método *getHTAGrade ()*.
- **LOD:** Contiene todas las afecciones asociadas a las lesiones de órgano diana (órganos que se afectan producto de la hipertensión arterial, provocando enfermedades secundarias) y permite realizar una selección de las mismas mediante el uso de condicionales pertenecientes al método *getLOD ()*.
- **HTASickness:** Se encarga de almacenar los diferentes tipos de situaciones hipertensivas y permite realizar una selección de estas mediante el uso de condicionales pertenecientes al método *getSickness ()*.
- **Risk:** Se encarga de determinar la cantidad de factores de riesgo que tiene el paciente a partir de los datos ingresados, implementando los métodos *getRiskScore ()* y *getRisk ()*. Es la clase más completa. Utiliza los métodos de varias clases como *HTA*, *IMC*, *LOD* y *HTASickness* así como un conjunto de clases con las que no comparte sus métodos, como como *StepParser*, *Treatment* y *Patients*.

2.3.- Recomendaciones Farmacológicas y no Farmacológicas

Las recomendaciones farmacológicas se basan en los riesgos identificados. Los factores de riesgo se almacenan en la clase *FormActivityRisk*, que se llena a través del método *RiskForm ()*. Estas recomendaciones se limitan al método *getRiskFlags ()*. La cantidad y el tipo de recomendaciones se basan en este método.

Las Recomendaciones no farmacológicas se basan en un conjunto de recomendaciones almacenadas por grupos de riesgo identificados en la guía. Por cada grupo de riesgo, las recomendaciones cambian. Son recomendaciones generales para la modificación hacia estilos de vida saludables.

2.4.- Modo Médico

El Modo médico o “registro de pacientes y su evolución” se compone de varias estructuras de ellas ya mencionadas anteriormente, HTA e IMC. La estrategia de tratamiento (*TreatmentForm*) se incorpora a su estructura. Si bien este módulo es independiente en la ventana principal, se explicará en esta sección debido a la importancia que reviste a la hora de compilar el registro del paciente hipertenso. La Figura 2 muestra la estructura de la sección de la aplicación. Se compone de dos módulos fundamentales, *PatientForm* y *PatientStatus*.

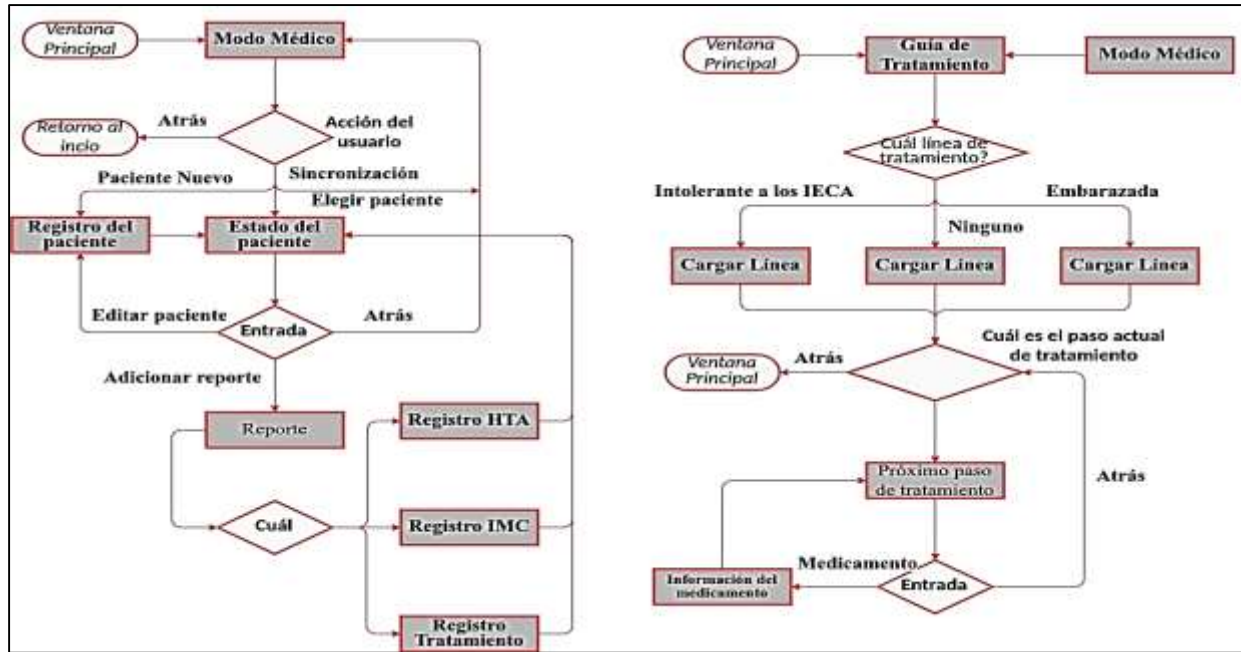


Figura 2

Estructura funcional del Modo Médico y la Estrategia de Tratamiento.

Una vez registrado el sujeto con sus datos personales entran en funcionamiento las clases descritas anteriormente, *IMC* y *HTA*. Los datos obtenidos en estas estructuras se almacenan en el método *PatientStatus* (), en el que se registra la evolución individual. Acude también a este registro el tratamiento hipertensivo que se le indique al sujeto desde su diagnóstico y evaluación. La Figura 3 también muestra el diagrama funcional del controlador, donde se distinguen tres condicionales iniciales (ninguno, intolerancia a los IECA [Inhibidores de la Enzima Convertora de Angiotensina] y Embarazo) que guían el camino a través de los pasos del tratamiento hipertensivo. Si se profundiza en la estructura de este módulo, es necesario detallar la forma en que se recorren los diferentes caminos de la guía de tratamiento (*Load Line Steps*). La Figura 3 muestra, en detalle, cada ruta y los pasos del esquema de tratamiento.

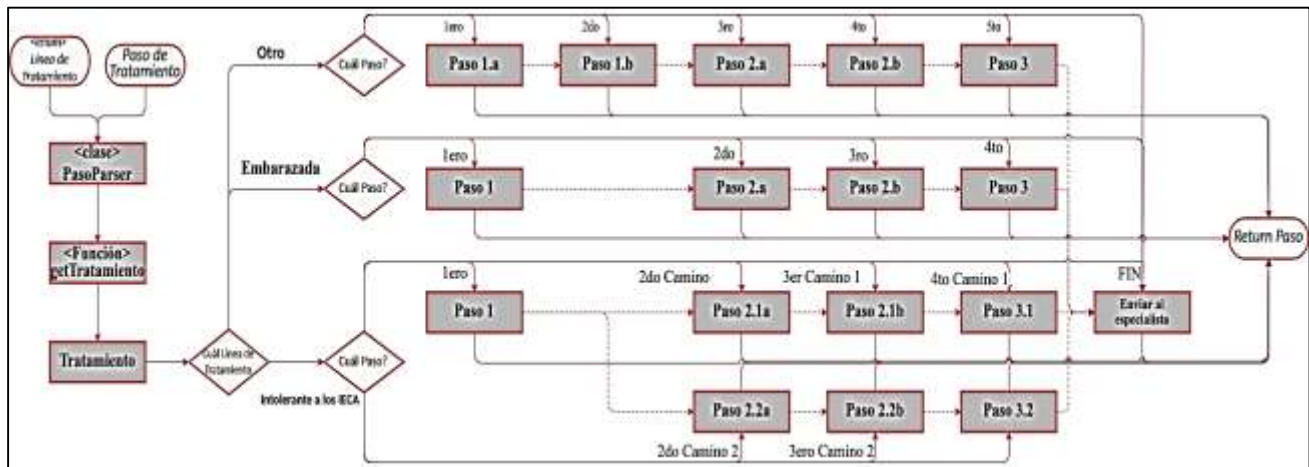


Figura 3

Pasos y Rutas del esquema de tratamiento farmacológico.

Todos los datos obtenidos se almacenan en la clase *AddReport*, la cual guarda los datos obtenidos en la evaluación de cada asignatura en la base de datos SQLLite almacenada en el dispositivo móvil. Esta sección es la de reciente desarrollo dentro de la aplicación. Es el paso inicial para la interconexión de la aplicación, a través de internet, con una base de datos externa (servidor MySQL) donde se estructura la información recolectada para su posterior procesamiento.

3.- Interfaz de usuario

La Guía para el diagnóstico, evaluación y tratamiento de la Hipertensión Arterial fue renovada por la Comisión Técnica Nacional Asesora del Programa de Hipertensión Arterial (Comisión Nacional HTA) del Ministerio de Salud Pública de Cuba en 2017. Incluye 6 capítulos relacionados con los diferentes ámbitos de tratamiento de la hipertensión tales como: epidemiología, evaluación diagnóstica, estrategias terapéuticas, estrategias terapéuticas en situaciones especiales, tratamiento de factores de riesgo asociados y estrategias de seguimiento; además de tres capítulos estructurales: Introducción, Anexos y Referencias Bibliográficas.

3.1.- Estructura de la aplicación

La aplicación muestra, al inicio, los términos y condiciones de uso los cuales remueven la responsabilidad de los desarrolladores, al considerar la aplicación como un medio de consulta por parte del personal médico. Aceptando estas condiciones el contenido de la guía se distribuye en seis secciones como se muestra en la Figura 4, para mejorar la interactividad para la presentación en dispositivos móviles.



Figura 4
Menú principal de la aplicación.

3.2.- Guía Médica

Esta sección reúne los contenidos de la guía sin incluir los capítulos: Estrategias terapéuticas y Estrategias terapéuticas en situación especial, que fueron trasladados a pantallas independientes; quedando los capítulos restantes en el formato por tema, junto con elementos de interés extraídos de la propia guía, tales como: las definiciones importantes, abreviaturas y siglas utilizadas en la guía, las tablas y gráficos de interés y las recomendaciones del propio material. En la visualización del contenido de la guía se utilizaron páginas web asociadas a cada tema con hipervínculos a los recursos de la aplicación, como referencias bibliográficas y tablas.

3.3.- Funcionamiento de la aplicación.

En este apartado se presentarán las potencialidades de la aplicación para el diagnóstico, evaluación y tratamiento de la HTA, a partir de ejemplos no reales; para la demostración se utilizarán las siguientes situaciones:

1. Varón de 68 años, 1,80 metros de altura y 90 kilogramos de peso, piel negra, fumador activo, con diabetes mellitus y enfermedad renal crónica con valores de PAD y PAS de 150 mmHg y 82 mmHg respectivamente, pendiente de evaluación.
2. Mujer de 35 años, 1,85 metros de altura y 80 kilogramos de peso, de piel blanca con potencial de embarazo y metabólica, con hipertensión grado I, toma medicación con Clortalidona y no ha podido controlar la PA.

3.3.1.-Calculadoras

La aplicación incorpora calculadoras de indicadores de interés para el personal médico para el control y diagnóstico de HTA como: el IMC, el Grado de hipertensión y los Factores de Riesgo Cardiovascular (FRC), estos últimos extrapolados de los criterios de la guía. Para calcular el IMC se utiliza la expresión [16]:

$$IMC = \frac{P}{L^2} \quad (1)$$

Donde “P” es el peso corporal en kg y “L” es la altura de la persona en metros.

A partir del método *getIMC()*, que implementa la ecuación (1), se obtienen los valores de IMC del individuo. Este valor de IMC lo toma la clase IMC y devuelve conjuntamente el valor de IMC y el grado de obesidad. En la Figura 5 se observa este procedimiento en cada caso.



Figura 5

IMC obtenido para los casos 1 y 2.

Para determinar el grado de hipertensión, se reciben los valores de PAS y PAD y a partir de estos se realiza una clasificación según los valores que se establecen en [15]. El método *getHTAgrade()* determina el grado de hipertensión del individuo. La clase HTA devuelve el grado de hipertensión de la persona. Para calcular el FRC se utiliza una escala puntual donde cada riesgo equivale a un punto. Se utilizan los riesgos descritos en la guía como: edad (mayores de 59 años), PAS, PAD, talla y peso (IMC), si tiene algún FRC adicional (Alcoholismo, tabaquismo, dislipemia y diabetes mellitus) y si presenta lesión de órganos diana. El método *getLOD()* almacena las lesiones de órganos diana seleccionadas. El método *getSicknees()* almacena las situaciones hipertensivas seleccionadas en cada caso. La información presente en las clases LOD y HTASicknees es utilizada en la clase Risk, donde sus métodos *getRiskScore()* y *getRisk()* se encargan de detallar los factores de riesgo asociados al individuo. A partir de estos valores, la calculadora devuelve el grado de hipertensión según el criterio anterior, junto con el número de factores de riesgo y las recomendaciones a seguir de forma inmediata, extraídas del contenido de la Guía.

Para el primer sujeto se realiza la clasificación del grado de hipertensión al ingresar los datos (Figura 6) el sujeto es clasificado como Hipertenso Grado I, por lo que se decide investigar si es necesario el tratamiento evaluando el FRC. Al completar el formulario de riesgo, se reafirma que el sujeto tiene hipertensión grado 1 con cinco factores de riesgo (edad, piel negra, diabetes mellitus, lesión de órgano diana y tabaquismo) para lo cual se propone: cambios en el estilo de vida, añadir tratamiento inmediato de PA con el objetivo de reducir la presión a 140 con 90 mmHg y tratamiento de los factores de riesgo.

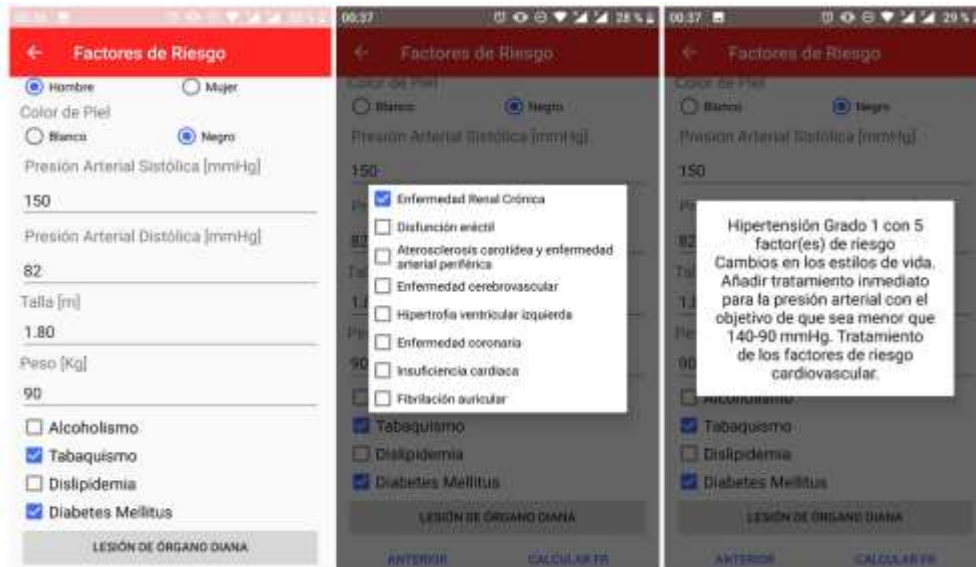


Figura 6

Diagnóstico y evaluación del caso 1.

3.3.2.-Recomendaciones Farmacológicas y no Farmacológicas.

La aplicación incluye dos grupos de recomendaciones para el tratamiento de la hipertensión: recomendaciones farmacológicas y no farmacológicas. Las recomendaciones de tratamiento farmacológico se agrupan por categorías según los criterios de la guía, tales como: grupo de edad, sexo, color de piel, enfermedades asociadas a la HTA, presencia o no de lesión de órgano diana y situaciones especiales de hipertensión arterial. En el caso de las mujeres, se pregunta si están embarazadas. La aplicación cuenta con 40 recomendaciones agrupadas en 17 grupos. La información ingresada es utilizada por la clase *RiskFormActivity*. Después de examinar esta clase, la aplicación filtra las recomendaciones disponibles y selecciona las recomendaciones correspondientes que ofrece la Guía. Se muestran en pantallas separadas indicando, en la parte inferior, el número de la recomendación así como el total de recomendaciones que se corresponden para el caso. La Figura 7 muestra algunas de las recomendaciones que resultan de ambos casos de estudio. De esta forma, la aplicación, proporciona al personal médico las primeras recomendaciones farmacológicas generales para el individuo.



Figura 7

Recomendaciones Farmacológicas resultantes para ambos casos.

En el apartado de tratamiento no farmacológico, la aplicación cuenta con recomendaciones a seguir para evitar y tratar la HTA con modificaciones en el estilo de vida. Estas recomendaciones están agrupadas por grupos de interés como grupos de edad (niños, adultos y ancianos) y en situaciones especiales como mujeres embarazadas, de acuerdo con las recomendaciones de la guía. Dispone de imágenes acordes a la edad y situación del individuo para hacer más atractivo el diseño gráfico al usuario.

3.3.3.- Historia clínica del paciente

Tras el diagnóstico y valoración del paciente por parte del personal médico, se debe indicar la estrategia de tratamiento a seguir. Esto se puede hacer directamente desde el menú principal. En este caso, se abordará desde el módulo de registro de pacientes para ser coherente con los análisis realizados anteriormente. Para el Caso 1, desde el método *addReport* () se ingresan los datos solicitados por la aplicación y posteriormente se crea un registro de dicho paciente. Utilizando las clases IMC y HTA y los métodos que contienen ambas estructuras, se obtienen los valores de IMC y grado de hipertensión y posteriormente se establece una línea de tratamiento. En la Figura 8 se evidencia el proceder para el caso 2.



Figura 8

Historia clínica correspondiente al caso 2.

La aplicación utiliza la propuesta de tratamiento farmacológico antihipertensivo incluida en la guía para establecer tres grandes líneas de tratamiento en función de la situación de la persona. Esto es posible a través del método *getTreatment* (), implementado en la clase Tratamiento. Este método contiene las tres principales líneas de tratamiento según las siguientes condiciones:

1. Embarazo potencial.
2. Intolerancia a los inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina (IECA).
3. Ninguna limitación.

A partir de esta información, la herramienta establece el número de fases o puntos del tratamiento. La clase *StepParser* establece los puntos mínimos de tratamiento que se ofrecerán en el método *getTreatment* (). A su vez, la clase Tratamiento almacena el punto de tratamiento anterior de un individuo, en caso de que ya estuviera recibiendo tratamiento. En primera instancia, permite que el personal médico sepa qué grupo de medicamentos debe incluirse en cada fase. Cada fase o punto de tratamiento define uno o más grupos de fármacos. La herramienta de acuerdo con la estrategia de tratamiento y el grupo de medicamentos, recomienda al personal calificado, los medicamentos a prescribir, las dosis orales y la frecuencia diaria, así como recomendaciones de uso para situaciones clínicas específicas y propuestas de contraindicaciones absolutas y relativas.

Para el caso 2, el esquema de tratamiento adoptado es diferente al anterior. El punto de partida es diferente y se refiere a que la gestante tuvo previamente un tratamiento indicado. Con base en esta información, se decide pasar al siguiente punto del tratamiento hipertensivo. La Figura 9 muestra los detalles del punto seleccionado para este caso.

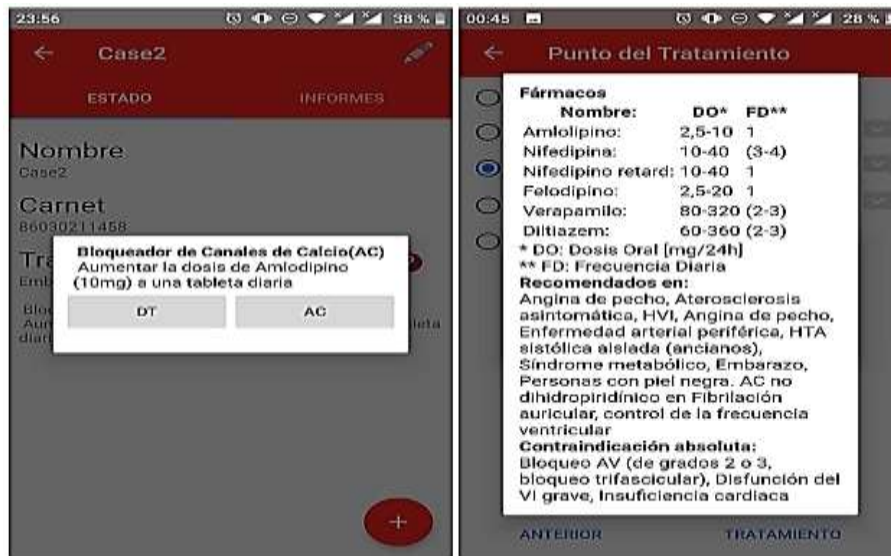


Figura 9

Detalles del esquema de tratamiento para el caso 2.

4.- Novedad, relevancia y evaluación de la aplicación.

Discusión sobre la novedad y la relevancia:

- La Guía cubana para el Diagnóstico, Evaluación y Tratamiento de la Hipertensión Arterial, en su versión actualizada de 2017, fue galardonada con el Premio Nacional a la Innovación Tecnológica en 2017, que otorga la Academia de Ciencias de Cuba. Las TIC y los dispositivos móviles son herramientas fundamentales para que la atención primaria de salud comprenda y aplique los conocimientos e instrucciones de la guía. Nunca antes se había realizado un desarrollo, involucrando las TIC, a partir de la implementación y perfeccionamiento de la guía cubana. Esta herramienta brinda a la atención primaria de salud una interfaz amigable para la consulta del contenido de la guía. Esto permite la revisión exhaustiva de todo el contenido de la guía por parte del personal médico. Incorpora las calculadoras de FRC e IMC en una sola aplicación. En general, existen numerosas herramientas de cálculo médico (apk), pero en la mayoría de los casos son aplicaciones independientes, generando demoras y confusión en el personal médico.
- **Diagnóstico y FRC Total:** Esta herramienta constituye un punto de inflexión en el diagnóstico de los factores de riesgo cardiovascular. Proporciona un módulo de diagnóstico que contribuye a la determinación de FRC y conductas a seguir por parte del personal médico y pacientes hipertensos. A partir de procesos de filtrado, la aplicación es capaz de devolver recomendaciones específicas para cualquier caso clínico, en función de los factores de riesgo previamente diagnosticados. Proporciona un conjunto de recomendaciones farmacológicas generales relacionadas con la cantidad y tipos de riesgos identificados. Permite al personal médico brindar las primeras orientaciones antes de llegar a un esquema de tratamiento específico.
- **Historial de pacientes:** La sección de modalidad médica constituye un concepto innovador y novedoso en el historial médico de pacientes hipertensos. Permite tener almacenado en el dispositivo móvil el historial de cada paciente consultado, así como las operaciones realizadas a través del diagnóstico, evaluación y tratamiento del caso concreto. Este módulo está preparado para, en un futuro, enviar los datos almacenados a una base de datos en un servidor externo. Sin embargo, se deben tener en cuenta los protocolos necesarios para garantizar la seguridad, privacidad y confiabilidad en la transmisión y recepción de la información. La aplicación aún no tiene el potencial para transmitir la información adquirida, bajo los estándares establecidos, ni cuenta con las alarmas o notificaciones necesarias para el personal médico y los pacientes.

Discusión sobre la evaluación de la aplicación:

Para la evaluación de la aplicación se consideraron las siguientes pautas. La aplicación se distribuyó entre especialistas en cardiología (D*) y médicos en medicina general integral que utilizaron la aplicación desde sus propios dispositivos móviles. Este universo de evaluadores nunca había usado la aplicación, siendo la primera vez que instalaban la aplicación en su dispositivo. Tuvieron un tiempo aproximado de 10 minutos para usarlo. Para evaluar la aplicación se aplicó una encuesta tipo SUS (*System Usability Scale*). Este tipo de estudio se aplica para evaluar varios sistemas [17–20].

En el caso de la aplicación se utilizó un SUS destinado a médicos. Los resultados de esta encuesta se muestran en la Tabla 2. Las preguntas relacionadas con la escala de usabilidad del sistema se enumeran a continuación.

1. Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia.
2. Encontré el sistema innecesariamente complejo.
3. Pensé que el sistema era fácil de usar.
4. Creo que necesitaría el apoyo de un técnico para poder utilizar este sistema.
5. Encontré que las diversas funciones de este sistema están bien integradas.
6. Pensé que había demasiada inconsistencia en este sistema.
7. Me imagino que la mayoría de la gente aprendería a utilizar este sistema muy rápidamente.
8. Encontré el sistema muy difícil de usar.
9. Me sentí seguro usando el sistema.
10. Necesitaba aprender muchas cosas antes de poder usar este sistema.

La puntuación asignada a cada pregunta va del 1 al 5, donde 1 significa que está totalmente en desacuerdo y 5 que está totalmente de acuerdo con el ítem en cuestión.

Tabla 2
Resultados de la encuesta SUS aplicada

Encuestado	S(1)	S(2)	S(3)	S(4)	S(5)	S(6)	S(7)	S(8)	S(9)	S(10)	SUS score
D1(*)	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
D2(*)	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
D3(*)	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	100
D4(*)	5	1	5	1	4	1	5	1	5	1	97,5
D5(*)	4	1	5	1	5	1	4	1	5	1	95
D6	5	1	5	1	5	1	5	1	5	5	87,5
D7	5	1	5	1	5	1	5	1	5	5	87,5
D8	5	1	5	1	5	1	5	1	5	5	87,5
D9	5	1	5	1	5	1	5	1	5	5	87,5

Con base en la aplicación de la encuesta, se afirma que la aplicación es considerada de uso frecuente, ya que 88.8 % brinda la calificación más alta para esta sección. El 100 % reconoce que la herramienta no añade complejidades a la hora de ser utilizada. Con respecto a la 3ra pregunta, el resultado muestra (100 %) que la imagen que proyecta la aplicación es relativamente fácil de manejar para el usuario. En la pregunta 4 se puede ver que la información de las preguntas anteriores es consistente. El 100 % declara que no necesita soporte técnico especializado para utilizar la herramienta. El 88,8 % encuentra que las funciones de la herramienta, previamente descritas en el trabajo, están bien integradas. El resultado obtenido en la pregunta 6 muestra que la aplicación es una propuesta coherente (el 100 % no está de acuerdo), basada en información científica. En el caso de la 7ª pregunta, el 88,8 % piensa que otras personas aprenderían a utilizar este sistema rápidamente. Esto da la medida de que puede extenderse fácilmente en atención primaria de salud con un mínimo de formación. En el caso de la dificultad y seguridad del uso de la aplicación, el resultado es consistente con las respuestas anteriores. El 100 % considera, en ambos casos, que la aplicación es fácil de usar y que proyecta seguridad y confianza en su uso. En el caso de la pregunta 10, el 55,5 % considera que no necesita adquirir otros conocimientos para utilizar la aplicación. El resto consideró que era necesario aprender otros temas para poder utilizar la aplicación. Este fenómeno o diferencia de opinión parece deberse principalmente a que un grupo de encuestados (D*) son especialistas en cardiología, por lo que conocen perfectamente el contenido de la aplicación. Los demás que sostienen lo contrario pertenecen a otras especialidades, y por tanto abogan, a su juicio, por tener que conocer las particularidades del contenido médico de la herramienta. El hecho descrito anteriormente está representado en la puntuación del SUS de cada médico encuestado. En general, la aplicación tiene un SUS Score promedio de 93.61, (en una escala que va de 0 a 100) lo que demuestra el alto nivel de usabilidad.

5.- CONCLUSIONES

Se desarrolló una aplicación dedicada al personal médico de atención primaria de salud que contribuye a la toma de decisiones en la tarea de diagnosticar, evaluar e indicar tratamientos para pacientes hipertensos. La aplicación está diseñada con una interfaz simple que permite el uso fluido de todos los módulos de la aplicación. La aplicación tiene la fortaleza de contener un conjunto de herramientas (Calculadoras, Recomendaciones, Historia Clínica y Tratamiento) que existen en aplicaciones independientes. Se considera una plataforma completa para el médico de familia. Contiene tres calculadoras muy importantes para uso médico y personal: IMC, grado de hipertensión y FRC que contribuyen al diagnóstico y evaluación del individuo. Permite el acceso a dos conjuntos de recomendaciones. Las farmacológicas dependen del FRC identificado en el evaluado y están en función de adoptar conductas clínicas inmediatas. Las No Farmacológicas optan por consejos de modificación hacia estilos de vida saludables, agrupados por edades y grupos de riesgo. Implementa la estrategia de tratamiento antihipertensivo proporcionada en la guía, indicando cada punto de tratamiento y la dosificación de los fármacos. Además, contiene un módulo de registro de pacientes capaz de almacenar la historia clínica y su evolución durante las diferentes consultas. Este módulo facilita la posterior interconexión de la aplicación con la Usabilidad: El estudio a escala SUS realizado sobre la aplicación mostró un alto nivel de usabilidad. La puntuación media obtenida fue de 93,61 (puntuación de 0 a 100).

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al grupo de especialistas que forman parte del proyecto PROCDEC que contribuyeron al perfeccionamiento de esta herramienta. También agradecer a los especialistas de la CNHTA que gestaron, conjuntamente, la idea de desarrollar una herramienta de este tipo. Además, agradecer al Catedrático José García Moros de la Universidad de Zaragoza que contribuyó de forma determinante a la redacción de este artículo.

REFERENCIAS

1. Unión Internacional de Telecomunicaciones. Digital health and standards [Internet]. UIT Committed to connecting the world. Disponible en: <https://www.itu.int/en/ITU-T/e-health/Pages/default.aspx>
2. Pew Research Center. Demographics of Mobile Device Ownership and Adoption in the United States. [Internet]. Pew Research Center: Internet, Science & Tech. 2022 [citado 15 de julio de 2022]. Disponible en: <https://www.pewresearch.org/internet/fact-sheet/mobile/>
3. Series Estadísticas TIC [Internet]. Oficina Nacional de Estadística e Información, Sitio en Actualización. 2022 [citado 15 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://www.onei.gob.cu/node/15818>
4. Kay M, Santos J, Takane M. mHealth: New horizons for health through mobile technologies. *World Health Organ.* 2011;64(7):66-71.
5. Viloria Núñez C, Caballero Uribe CV. Avances y retos para implementar la telemedicina y otras tecnologías de la información (TICs). *Rev Salud Uninorte.* mayo de 2014;30(2):v-vii.
6. Brătuțu G, Tudor AIM, Dovleac L, Sumedrea S, Chițu IB, Trifan A. The Impact of New Technologies on Individuals' Health Perceptions in the European Union. *Sustainability.* enero de 2020;12(24):10349.
7. Canto M. Teledoctors without borders: a brief reflection on the regulation of telemedicine in Brazil. 2019.
8. Shapiro JD, Muschellack S, Ameli K. Review of 2013-2014 mobile medical applications: Regulatory challenges and precedents. *Intersect Stanf J Sci Technol Soc.* 2014;8(1).
9. Dolan B. Analysis: 103 FDA regulated mobile medical apps. *MobiHealthNews Com.* 2013;
10. Thangada ND, Garg N, Pandey A, Kumar N. The emerging role of mobile-health applications in the management of hypertension. *Curr Cardiol Rep.* 2018;20(9):1-9.
11. Gandapur Y, Kianoush S, Kelli HM, Misra S, Urrea B, Blaha MJ, et al. The role of mHealth for improving medication adherence in patients with cardiovascular disease: a systematic review. *Eur Heart J-Qual Care Clin Outcomes.* 2016;2(4):237-44.
12. Zaman K, Al Mamun KA. An evaluation of smartphone apps for preventive healthcare focusing on cardiovascular disease. En: 2017 4th International Conference on Advances in Electrical Engineering (ICAEE). IEEE; 2017. p. 531-6.
13. Chua JE, Zaldua JA, Sevilla TJ, Tapel MJ, Orlino MR, Camilo RD, et al. An android phone application for a health monitoring system with integrated medical devices and localized health information and database for healthy lifestyle changes. En: 2014 International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM). IEEE; 2014. p. 1-6.
14. Programme des maladies. WHO CVD-risk Management Package for Low and Medium-resource Settings. World health organization; 2002.
15. Pérez Caballero MD, León Álvarez JL, Dueñas Herrera A, Alfonso Guerra JP, Navarro Despaigne DA, de la Noval García R, et al. Guía cubana de diagnóstico, evaluación y tratamiento de la hipertensión arterial. *Rev Cuba Med.* 2017;56(4):242-321.

16. Garrouste-Orgeas M, Troché G, Azoulay E, Caubel A, de Lassence A, Cheval C, et al. Body mass index. *Intensive Care Med.* 2004;30(3):437-43.
17. Brooke J. SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Eval Ind.* 1996;189(194):4-7.
18. Peres SC, Pham T, Phillips R. Validation of the system usability scale (SUS) SUS in the wild. En: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting.* SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA; 2013. p. 192-6.
19. Azad-Khaneghah P, Neubauer N, Miguel Cruz A, Liu L. Mobile health app usability and quality rating scales: a systematic review. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 2021;16(7):712-21.
20. Kortum P, Sorber M. Measuring the usability of mobile applications for phones and tablets. *Int J Hum-Comput Interact.* 2015;31(8):518-29.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe conflicto de intereses entre los autores, ni con ninguna institución a la que cada uno está afiliado, ni con ninguna otra institución.

Las opiniones expresadas aquí son únicamente responsabilidad de los autores y no representan la posición de la Institución o las instituciones a las que están afiliados.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Rafael Alejandro Olivera Solís: **Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Adquisición de fondos, Investigación, Metodología, Recursos, Supervisión, Visualización, Redacción- borrador original, Redacción – revisión y edición.**

- Dariel Reyes Morel: **Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Software, Visualización, Redacción- borrador original.**
- José Antonio García Ocaña: **Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Software, Visualización, Redacción- borrador original.**
- Emilio González Rodríguez: **Conceptualización, Curación de datos, Adquisición de fondos, Investigación, Metodología, Administración de proyecto, Recursos, Supervisión, Validación –Verificación, Redacción- borrador original, Redacción – revisión y edición.**
- Merlin Gari Llanes: **Investigación, Recursos, Validación –Verificación.**

AUTORES

En esta última sección se incluirá una breve reseña del autor o autores que debe incluir en el orden que se indica:

Rafael Alejandro Olivera Solís, Ingeniero en Telecomunicaciones y Electrónica y Profesor Auxiliar, Ms. C., Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Villa Clara, Cuba, rolivera@uclv.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0003-3595-275X>. Se investiga en la transformación digital en el sector de la salud a partir de los sistemas estandarizados de mHealth, el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles, el procesamiento de datos con técnicas de Machine Learning o IA, en arquitecturas de gestión de datos médicos basados en la familia de protocolos HL7 y FHIR. Todo ello enfocado en la determinación del riesgo cardiovascular total en menores de edad y adultos, así como la prevalencia de los factores de riesgo asociados como la Hipertensión Arterial.

Emilio González Rodríguez, Ingeniero en Telecomunicaciones y Profesor Titular, Dr. C., Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Villa Clara, Cuba, eglez@uclv.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0002-7495-3483>. Investiga en la prevalencia de las enfermedades cardiovasculares en menores de edad en la ciudad de Santa Clara, así como las estrategias educativas para la modificación hacia estilos de vida saludables. Es miembro de la CNHTA. Incurso la transformación digital del sector de la salud a partir de la informatización de los servicios de salud.

Dariel Reyes Morel, Estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Villa Clara, Cuba, drmores@uclv.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0002-0051-4488>. Investiga en la transformación digital en el sector de la salud a partir de los sistemas estandarizados de mHealth, el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles, el procesamiento de datos con técnicas de Machine Learning o IA, en arquitecturas de gestión de datos médicos basados en la familia de protocolos HL7 y FHIR. Todo ello enfocado en la determinación del riesgo cardiovascular total en menores de edad y adultos, así como la prevalencia de los factores de riesgo asociados como la Hipertensión Arterial.

José Antonio García Ocaña, Estudiante de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas, Villa Clara, Cuba, jgocana@uclv.edu.cu, <https://orcid.org/0000-0003-0816-8353>. Investiga en la transformación digital en el sector de la salud a partir de los sistemas estandarizados de mHealth, el desarrollo de aplicaciones

para dispositivos móviles, el procesamiento de datos con técnicas de Machine Learning o IA, en arquitecturas de gestión de datos médicos basados en la familia de protocolos HL7 y FHIR. Todo ello enfocado en la determinación del riesgo cardiovascular total en menores de edad y adultos, así como la prevalencia de los factores de riesgo asociados como la Hipertensión Arterial.

Merlin Gari Llanes, Especialista en 1er y 2do Grado de Cardiología pediátrica, Hospital Provincial Pediátrico Docente “José Luis Miranda”, Villa Clara, Cuba, garimerlin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6130-4521>. Investiga en la prevalencia de los factores de riesgo asociados a las enfermedades cardiovasculares en menores de edad. Miembro del proyecto PROCDEC.



Esta revista se publica bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)