



E.T.S.I DE TELECOMUNICACIÓN
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TRABAJO FIN DE GRADO
GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS ESPECÍFICAS DE
TELECOMUNICACIÓN, MENCIÓN EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS

ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE DE MACHINE LEARNING EN EMERGENCIAS SANITARIAS

Autor:

Dña. Inés Robles Mendo

Tutor:

Dña. Isabel de la Torre Díez

Valladolid, 27 de mayo de 2021

TÍTULO	Análisis del estado del arte de Machine Learning en emergencias sanitarias.
AUTOR	Dña. Inés Robles Mendo
TUTOR	Dña. Isabel de la Torre Díez
DEPARTAMENTO	Teoría de la señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática

TRIBUNAL

PRESIDENTE	D. Miguel López-Coronado Sánchez Fortún
SECRETARIA	Dña. Isabel de la Torre Díez
VOCAL	Dña. Beatriz Sainz de Abajo
SUPLENTE 1	D. Carlos Gómez Peña
SUPLENTE 2	D. Salvador Dueñas Carazo

FECHA	27 de mayo de 2021
CALIFICACIÓN	

Agradecimientos

A mi familia por su apoyo y sacrificio, que ha permitido que consiga lo que me proponga.

A mis amigos y en especial a Agustín por su ayuda y paciencia constante a lo largo de estos años de universidad.

Y finalmente, a mi tutora Isabel por la confianza y la buena disposición que siempre ha mostrado.

Resumen

Las emergencias sanitarias son una modalidad de medicina que actúa sobre una urgencia médica o sobre cualquier enfermedad en su momento agudo. Cualquier tipo de respuesta a una urgencia médica dependerá de la situación, del paciente y de los recursos disponibles para poder atenderlo. También variará si la urgencia sucede dentro o fuera de un hospital.

El aprendizaje automático o Machine Learning trata de desarrollar técnicas que permitan que las máquinas aprendan. Hoy en día, el Machine Learning es empleado principalmente en el campo de la medicina preventiva, entre otros.

El objetivo en el que se centra este Trabajo Fin de Grado es llevar a cabo un análisis del estado del arte de soluciones de Machine Learning empleadas en emergencias sanitarias, con el fin de proponer nuevas líneas de investigación en este subcampo. Para lograr este objetivo, se ha realizado una búsqueda exhaustiva en artículos científicos y en aplicaciones móviles disponibles.

Palabras clave:

aprendizaje automático, aprendizaje profundo, AI, emergencias sanitarias, medicina de emergencia, aplicaciones móviles, mHealth, eHealth, Android, iOS, revisión de alcance.

Abstract

Health emergencies are a form of medicine that deals with a medical emergency or any disease in its acute phase. Any type of response to a medical emergency will depend on the situation, the patient and the resources available to care for the patient. It will also vary whether the emergency happens inside or outside a hospital.

Machine learning tries to develop techniques that allow machines to learn. Nowadays, this technique is mainly used in the field of preventive medicine, among others.

The objective of this Final Degree Project is to carry out an analysis of the state of the art of Machine Learning solutions used in health emergencies, with the aim of proposing new lines of research in this subfield. In order to achieve this objective, an exhaustive search has been carried out in scientific articles and available mobile applications.

Keywords: machine learning, deep learning, AI, health emergencies, emergency medicine, mobile applications, mHealth, eHealth, Android, iOS, scoping review.

Índice general

Capítulo 1. Introducción	17
1.1. Contextualización	17
1.2. Terminología	18
1.2.1. Definición de Inteligencia Artificial (AI)	18
1.2.2. Definición de aprendizaje automático y aprendizaje profundo	19
1.2.3. Definición de Medicina de Emergencia (EM)	21
1.3. Necesidad de Inteligencia Artificial en emergencias médicas	21
1.4. Objetivo	22
1.5. Estructura	22
Capítulo 2. Metodología	25
2.1. Revisión de la literatura	25
2.2. Revisión de aplicaciones móviles comerciales	31
Capítulo 3. Resultados	35
3.1. Rendimiento en la revisión de la literatura	35
3.2. Análisis de las contribuciones de los artículos obtenidos	41
3.3. Rendimiento en la revisión de aplicaciones comerciales	52
3.4. Análisis de funcionalidad de las aplicaciones obtenidas	58
3.4.1. Aplicaciones obtenidas en App Store	58
3.4.2. Aplicaciones obtenidas en Google Play	65
Capítulo 4. Discusión	69
4.1. Ventajas y oportunidades	70
4.2. Inconvenientes y limitaciones	71
Capítulo 5. Consideraciones finales y líneas futuras	73
5.1. Conclusiones	73
5.2. Líneas Futuras	73
Bibliografía y Referencias	75

Apéndices	81
Anexo A. Artículos de información potencial	81
Anexo B. Aplicaciones móviles de información potencial.....	87

Índice de figuras

Ilustración 1. Crecimiento de los artículos relacionados con AI entre 1998 y 2019. [11]	18
Ilustración 2. Diagrama de la relación inclusiva entre AI y sus subcategorías [Fuente: propia] 19	
Ilustración 3. Diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda literaria. [Fuente: propia]	28
Ilustración 4. Diagrama de flujo del protocolo PRISMA-ScR I. [Fuente: propia]	30
Ilustración 5. Diagrama de flujo seguido en la búsqueda de aplicaciones. [Fuente: propia]	33
Ilustración 6. Diagrama de flujo PRISMA-ScR II [Fuente: propia]	35
Ilustración 7. N.º Resultados obtenidos en los motores de búsqueda II. [Fuente: propia]	36
Ilustración 8. N.º Resultados en la búsqueda de la revisión literaria. [Fuente: propia]	38
Ilustración 9. N.º artículos publicados en los últimos 10 años II. [Fuente: propia].	39
Ilustración 10. Gráfica de la categorización de la literatura. [Fuente: propia]	40
Ilustración 11. Diagrama de flujo de los resultados obtenidos. [Fuente: propia]	52
Ilustración 12. N.º Resultados obtenidos en las plataformas comerciales II. [Fuente: propia] ...	53
Ilustración 13. N.º apps en los últimos 10 años. [Fuente: propia].	54
Ilustración 14. Gráfica de la categorización de las aplicaciones. [Fuente: propia]	55
Ilustración 15. Histograma de las valoraciones a cada app. [Fuente: propia].	56
Ilustración 16. Gráfica de las técnica de las apps. [Fuente: propia]	57
Ilustración 17. Diagrama de funcionalidad de Core ML. [17]	58
Ilustración 18. Esquema de funcionalidad de ML Kit (Traducción propia). [23]	65
Ilustración 19. Previsión de ingresos mundiales con el uso de AI y ML. [28]	74

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla resumen de las diferencias entre ML y DL. [29].....	21
Tabla 2. N.º Resultados obtenidos en los motores de búsqueda I. [Fuente: propia]	36
Tabla 3. N.º Resultados obtenidos en los motores de búsqueda II. [Fuente: propia]	37
Tabla 4. N.º artículos publicados en los últimos 10 años I. [Fuente: propia]	38
Tabla 5. Categorización de las publicaciones. [Fuente: propia].....	39
Tabla 6. Características de los artículos seleccionados.	51
Tabla 7. N.º Resultados obtenidos en las plataformas comerciales I. [Fuente: propia]	53
Tabla 8. N.º Apps seleccionadas para este trabajo	54
Tabla 9. Categorización de las aplicaciones. [Fuente: propia]	55
Tabla 10. Categorización de la AI usada en las apps. [Fuente: propia]	56
Tabla 11. Características principales de las apps de App Store. [Fuente: propia]	60
Tabla 12. Características funcionales de las apps de App Store. [Fuente: propia].....	64
Tabla 13. Características principales de las apps de Google Play. [Fuente: propia].....	66
Tabla 14. Características funcionales de las apps de Google Play. [Fuente: propia]	67
Tabla 15. Artículos recopilados de la revisión literaria.....	85
Tabla 16. Apps recopiladas de la revisión de aplicaciones móviles comerciales.....	89

Acrónimos

AI	Artificial Intelligence (Inteligencia Artificial).
ANN	Artificial Neural Networks (Redes neuronales artificiales).
COVID-19	Coronavirus Disease 2019 (Enfermedad de Coronavirus 2019).
DL	Deep Learning (Aprendizaje profundo).
EM	Emergency Medicine (Medicina de Emergencia).
ML	Machine Learning (Aprendizaje automático).
OMS	Organización Mundial de la Salud.
PRISMA-ScR	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews (Elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y extensión de metaanálisis para revisiones de alcance). [2]
SO	Sistema Operativo.
TFG	Trabajo Fin de Grado.

Capítulo 1. Introducción

En el presente capítulo se contextualiza el proyecto llevado a cabo, así como se explican los conceptos básicos que se van a utilizar a lo largo del proyecto, la necesidad de utilizar esta técnica en la medicina de emergencia, el objetivo y la estructura seguida en los capítulos posteriores para poder lograr los resultados deseados.

1.1. Contextualización

El uso de Internet, desde su creación, se ha incrementado de forma notable, sobre todo, dando la posibilidad de generar nuevas formas de tecnología en la vida cotidiana, principalmente, en los países más desarrollados.

Uno de estos aspectos es el cuidado de la salud. Las tecnologías han avanzado de una manera muy destacable en el ámbito de la telemedicina y telesalud. En el entorno de la telesalud, surge la salud electrónica o salud móvil, también conocida como eHealth que combina conceptos de salud, tecnología y comercio. Estos dos últimos como herramientas al servicio de la salud y que tiene como objetivo satisfacer las necesidades de los usuarios, en cuanto a atención médica o servicios de información médica se refiere. [1]

Además, para los investigadores, la medicina de emergencia ha sido un gran punto de interés para realizar estudios y desarrollar soluciones con la llegada, también, de la inteligencia artificial. Los avances tecnológicos han traído diversas herramientas que poseen un gran potencial para poder mejorar los procesos y van a permitir mejorar la eficiencia operativa y la calidad a la hora de prestar el servicio de atención médica. [3].

Existe una gran cantidad de estudios y artículos que respaldan las intervenciones que se basan en inteligencia artificial y pueden igualar o superar la experiencia de los médicos. Por otro lado, también existen multitud de aplicaciones de salud móvil para dispositivos móviles, que ofrecen buenas opciones para la progresión de un paciente, así como proporcionar materiales educativos a pacientes, recibir indicaciones y apoyo personalizado, recuperación de datos y uso de intervenciones de autogestión en caso de que el usuario lo necesite. [4] [5]

1.2. Terminología

Hoy en día, la sociedad del siglo XXI está muy familiarizada con los términos de inteligencia artificial y/o Machine Learning. Estos términos empiezan a tener presencia en todas las facetas del mundo, ya sea consciente o inconscientemente, ya que estos están ligados a procesos informático y a sistemas automatizados de inteligencia artificial.

Como se ha comentado, las aplicaciones en la vida cotidiana con sistemas de inteligencia artificial y aprendizaje automático son numerosas, y la implantación de estos sistemas, y en concreto, su crecimiento es debido al auge de la disponibilidad de datos que experimenta nuestra sociedad. Este tipo de aplicaciones de inteligencia artificial aprovechan el gran volumen de datos para extraer la máxima información posible de ellos y así ayudar a elaborar tareas que requieren inteligencia humana llevada, actualmente, a sistemas informáticos.

1.2.1. Definición de Inteligencia Artificial (AI)

El campo de la inteligencia artificial es un conjunto de algoritmos que simula la inteligencia humana incorporada en máquinas, con el objetivo de que estas presenten las mismas capacidades que el ser humano. En los últimos años, el interés por investigar acerca de la AI ha aumentado de manera exponencial, dando lugar al desarrollo de numerosas y novedosas aplicaciones en multitud de campos.

En la siguiente ilustración se puede observar como el crecimiento de los artículos relacionados con este tema aumenta cada vez más a medida que pasan los años.

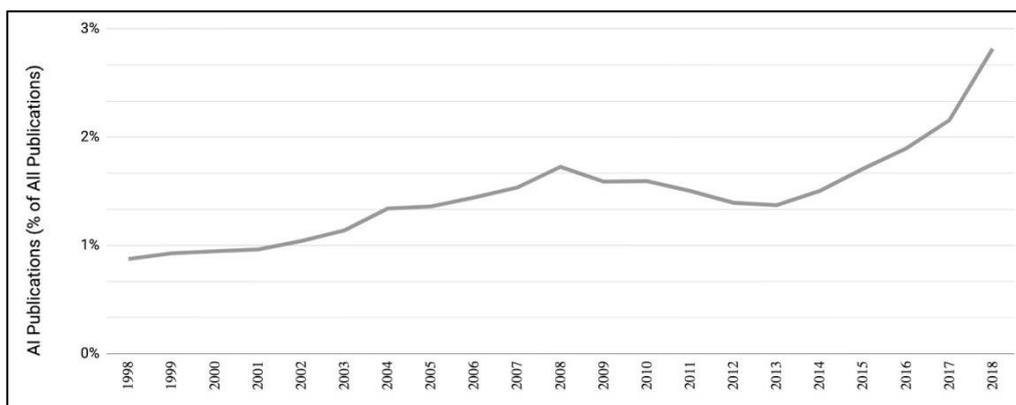


Ilustración 1. Crecimiento de los artículos relacionados con AI entre 1998 y 2019. [11]

Pasando de no llegar a un 1% en 1998, a casi alcanzar el 3% en el 2018.

A lo largo de este documento se demuestra como la AI es cada vez más aplicable a la atención médica y ofrece soluciones mejorando la eficiencia y calidad de dicha atención. [10]

De acuerdo con la clasificación ofrecida por los expertos informáticos Peter Norving y Stuart Russell, la AI se divide en diferentes tipos de sistemas: [6]

- **Sistemas que piensan como humanos:** Realizan actividades, como tomar decisiones, resolución de problemas o el aprendizaje, de forma automática. *Ej. Redes neuronales artificiales (ANN).*
- **Sistemas que actúan como humanos:** Máquinas o sistemas computacionales que se encargan de realizar tareas de la misma forma que lo hacen los seres humanos. *Ej. Robots.*
- **Sistemas que piensan racionalmente:** Su objetivo es que la máquina logre percibir, razonar y actuar en consecuencia.
- **Sistemas que actúan racionalmente:** Pretenden imitar el comportamiento del ser humano de manera racional.

1.2.2. Definición de aprendizaje automático y aprendizaje profundo

Existen diferentes campos de aprendizaje en AI, se **diferencian** entre ellos en la **forma de analizar y manipular** los datos y son usados para entrenar máquinas para imitar la inteligencia y el comportamiento humano. [3]

En la siguiente ilustración se puede observar cómo el Machine Learning es un subcampos de la AI y Deep Learning un tipo de Machine Learning donde ambos van a permitir a los ordenadores tomar decisiones inteligentes.

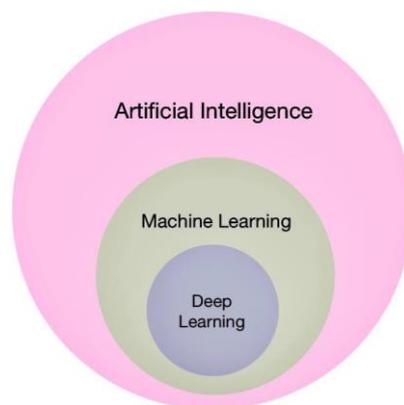


Ilustración 2. Diagrama de la relación inclusiva entre AI y sus subcategorías [Fuente: propia]

Aprendizaje Automático

El Aprendizaje Automático o Machine Learning (ML), ha ido ganado popularidad en los últimos años. Se basa en usar algoritmos definidos por el usuario para detectar patrones en datos masivos y hacer predicciones, todo ello, de forma autónoma. El objetivo de este campo de la AI es realizar tareas concretas sin necesidad de haber sido programadas para ello y sin tener que depender de un sistema basado en reglas. [7]

Aprendizaje Profundo

El Aprendizaje Profundo o Deep Learning (DL) usa redes neuronales artificiales (ANN) para llevar a cabo el proceso de ML, citado antes, y saber cómo funcionan las neuronas en el cerebro.

Una forma sencilla de definir este aprendizaje es citando que posee diferentes niveles de aprendizaje:

- En el nivel inicial la ANN aprende algo simple al exponer gran cantidad de datos al modelo y envía esa información al siguiente nivel.
- En el siguiente nivel combina la información obtenida en el nivel anterior y elabora una más compleja.

La conclusión es que a medida que se va elevando el nivel, esta información se vuelve más compleja.

Este aprendizaje se denomina profundo por el modelo de representación de capas mencionado y requiere periodos de tiempo más largos que ML, esto es debido a la multitud de capas de cálculos complejos que ha de resolver. [8]

En la siguiente tabla se muestran recogidas las diferencias más destacadas del aprendizaje automático y profundo.

	Aprendizaje automático (ML)	Aprendizaje profundo (DL)
Algoritmo	Algoritmo variable	ANN
Aplicación	Tareas rutinarias sencillas	Tareas complejas
Base de datos	Manejable	Más de un millón de puntos de datos
Entrenamiento	Entrenador humano	Autómata
Formato de datos	Datos estructurados	Datos no estructurados

Tabla 1. Tabla resumen de las diferencias entre ML y DL. [29]

1.2.3. Definición de Medicina de Emergencia (EM)

De acuerdo con la definición facilitada por el Colegio Estadounidense de Médicos de Emergencia, la EM es una especialidad médica centrada en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades o lesiones. Juega un papel fundamental en la sociedad ya que permite recibir a pacientes que solicitan atención médica urgente.

La práctica realizada por los sanitarios en este tipo de medicina incluye la evaluación inicial, el diagnóstico, el tratamiento, la coordinación de la atención entre los diferentes médicos y la estabilización de casos con diversos grados de agudeza de cualquier paciente. [9]

1.3. Necesidad de Inteligencia Artificial en emergencias médicas

Una vez conocidos las definiciones de los anteriores términos, surge la necesidad de saber si verdaderamente la AI y sus subcampos son necesarios en la EM.

El uso del aprendizaje automático y aprendizaje profundo puede **ayudar a valorar datos** recopilados a lo largo de los últimos años y aportar información necesaria para mejorar los procesos de emergencia médica [3].

Permite **ayudar en la investigación y ensayos** médicos basados, por ejemplo, en análisis de imágenes clínicas y tareas de clasificación, de esta manera se consigue automatizar el proceso y **ayuda a reducir la carga laboral** del personal médico, evitando

así posibles cansancios humanos que se puedan tener y lleven a cometer errores en un ámbito tan importante como es la salud.

Los procesos controlados por máquinas hacen que se reduzcan significativamente la posibilidad de un fallo humano en situaciones de vital importancia.

La AI aprovecha oportunidades, no sólo analiza, sino que actúa. Recibe información de cómo se encuentra el paciente o lo que está solicitando. Los expertos de este ámbito ven esta aplicación de gran interés, como una fuente solucionadora y optimizadora de unidades de urgencia. Estos sistemas informáticos son capaces de realizar tareas que normalmente requerirían la inteligencia humana.

1.4. Objetivo

En vista de la creciente demanda por investigar sobre la inteligencia artificial en medicina, las funcionalidades que esta posee siguen sin estar del todo claras, es por eso que a lo largo de este TFG se va a realizar un **estudio de visión global** que tiene como propósito **identificar, analizar, evaluar y concluir** la investigación disponible en las diferentes plataformas, y su implementación en las emergencias sanitarias.

1.5. Estructura

La estructura que se va a llevar a cabo en este estudio global consta de 5 capítulos (incluido este primero).

En el Capítulo 2 se describe la metodología seguida para la identificación y selección de los diferentes artículos científicos y las diferentes aplicaciones a analizar. Este capítulo consta principalmente de dos bloques:

- El primer bloque se basa en un revisión sistemática y de alcance basada en el diagrama de PRISMA-ScR y llevado a cabo en diferentes motores de búsqueda que la Universidad de Valladolid proporciona. Esta revisión se basa en una búsqueda bibliográfica teniendo en cuenta diferentes criterios de elegibilidad para la selección final de artículos.
- El segundo bloque consta de una revisión de aplicaciones comerciales encontrados en las plataformas comerciales más conocidas, donde, de la misma

manera que la anterior revisión, también se hará uso de diferentes criterios de elegibilidad.

En el Capítulo 3 se analizan los resultados encontrados en los diferentes motores de búsqueda de acuerdo con la metodología descrita en el capítulo anterior. Realizando un análisis cualitativo, cuantitativo y de relevancia, tanto de los artículos como de las aplicaciones móviles.

Continuando con el Capítulo 4, se resumen los hallazgos de manera global. Se exponen las limitaciones que estos estudios poseen y se exponen además las diferentes ventajas e inconvenientes que posee el uso de este subcampo de la AI en emergencias sanitarias.

Finalmente, el Capítulo 5 concluye el trabajo. Se recogen las conclusiones extraídas de las revisiones realizadas y se mencionan líneas futuras de cara a nuevas líneas de investigación sobre esta revisión sistemática.

Capítulo 2. Metodología

Una vez contextualizada y expuesta la importancia del aprendizaje automático en el ámbito de la salud y más centrado en la medicina de urgencia, se proponen nuevas líneas de investigación en este subcampo.

Se realiza una búsqueda más detallada de información, cuya metodología a seguir se ha basado en realizar dos tipos de revisiones sistemáticas diferentes: [3]

La primera de ellas fue una revisión de la literatura en artículos extraídos de diferentes motores de búsqueda científicos de acceso libre para la Universidad de Valladolid.

La segunda revisión, se llevó a cabo en diversas plataformas de aplicaciones comerciales.

Ambas revisiones se realizaron hasta finales del mes de abril de 2021, por tanto, todos los artículos y/o aplicaciones publicadas posteriormente no se han tenido en cuenta en el análisis del siguiente trabajo.

2.1. Revisión de la literatura

El procedimiento a realizar para la elección de los artículos más adecuados y acertados se realizó de acuerdo con los estándares y pautas establecidos en el protocolo PRISMA-ScR. Este protocolo permite sintetizar la información más relevante, ya que es aplicable, tanto en revisiones sistemáticas, como en revisiones de metaanálisis de ensayos clínicos [2].

Este protocolo mencionado posee 4 fases necesarias para realizar dicho estudio del estado del arte: identificación, selección, elegibilidad e inclusión. [30]

Antes de comenzar a detallar las características de las diferentes fases, se deben obtener primero los artículos a seleccionar, es por eso, que se procede a especificar la estrategia de búsqueda utilizada para dar con una serie de artículos.

Estrategia de búsqueda

Fuentes de búsqueda

En esta revisión literaria, los artículos se recuperaron de diferentes sistemas de búsqueda académicos: *Google Scholar*, *IEEE Xplore*, *PubMed*, *ScienceDirect* y *Scopus*. Estas bases de datos cubren la mayor parte de la información científica en campos como la ingeniería o la telemedicina.

Términos de búsqueda

En cada una de estas bases de datos mencionadas, se realiza una búsqueda avanzada a través de la combinación de palabras y/o expresiones adecuadas, haciendo uso de los conectores AND (Y) y OR (O).

Para realizar la investigación, concretamente del análisis de Machine Learning en el ámbito de la salud, se han usado principalmente las siguientes palabras clave combinadas entre sí, pudiendo haber muchas combinaciones más, según el criterio de cada usuario:

- (“All Metadata”: machine) AND (“All Metadata”: learning) OR (“All Metadata”: AI) AND (“All Metadata”: health*) AND (“All Metadata”: emergenc*) OR (“All Metadata”: urgenc*).
- (“All Metadata”: machine) AND (“All Metadata”: learning) AND (“All Metadata”: scoping) AND (“All Metadata”: review) AND (“All Metadata”: health*) AND (“All Metadata”: emergenc*).
- (“All Metadata”: machine) AND (“All Metadata”: learning) OR (“All Metadata”: AI) AND (“All Metadata”: mhealth) AND (“All Metadata”: health*) (“All Metadata”: urgenc*).

Filtración de búsqueda

Como es de esperar, cada base de datos utilizada posee numerosos artículos que contienen las cadenas insertadas, por lo que para lograr minimizar esta búsqueda y ayudar en la elección de los artículos adecuados, se aplican diversos filtros.

La elección de dichos filtros tiene como objetivo adaptarse a las necesidades del usuario. En este caso, los parámetros fijados han sido los siguientes:

- La **fecha** de publicación del artículo se va a limitar a los últimos 10 años, es decir, desde 2011 hasta la actualidad.

- Puesto que en la búsqueda aparecían artículos en **idiomas** diferentes, se ha decidido limitar el lenguaje únicamente a inglés y español.
- Por último, aplicamos el criterio de **tipo de documento**. Se toma la decisión de conservar aquellos documentos que sean artículos de investigación o de revisión sistemática, ya que recogen información de las fuentes más relevantes. Se descartarán por tanto los de otro tipo ya sean conferencias, noticias, capítulos de libros, etc.

Estos 3 procedimientos de la estrategia de búsqueda se realizaron sucesivamente en todos y cada uno de los motores de búsqueda.

Una vez finalizada la parte inicial de la revisión literaria, se da comienzo al protocolo PRISMA-ScR. En la siguiente ilustración se encuentra recogido de manera esquemática el procedimiento realizado en la estrategia de búsqueda.

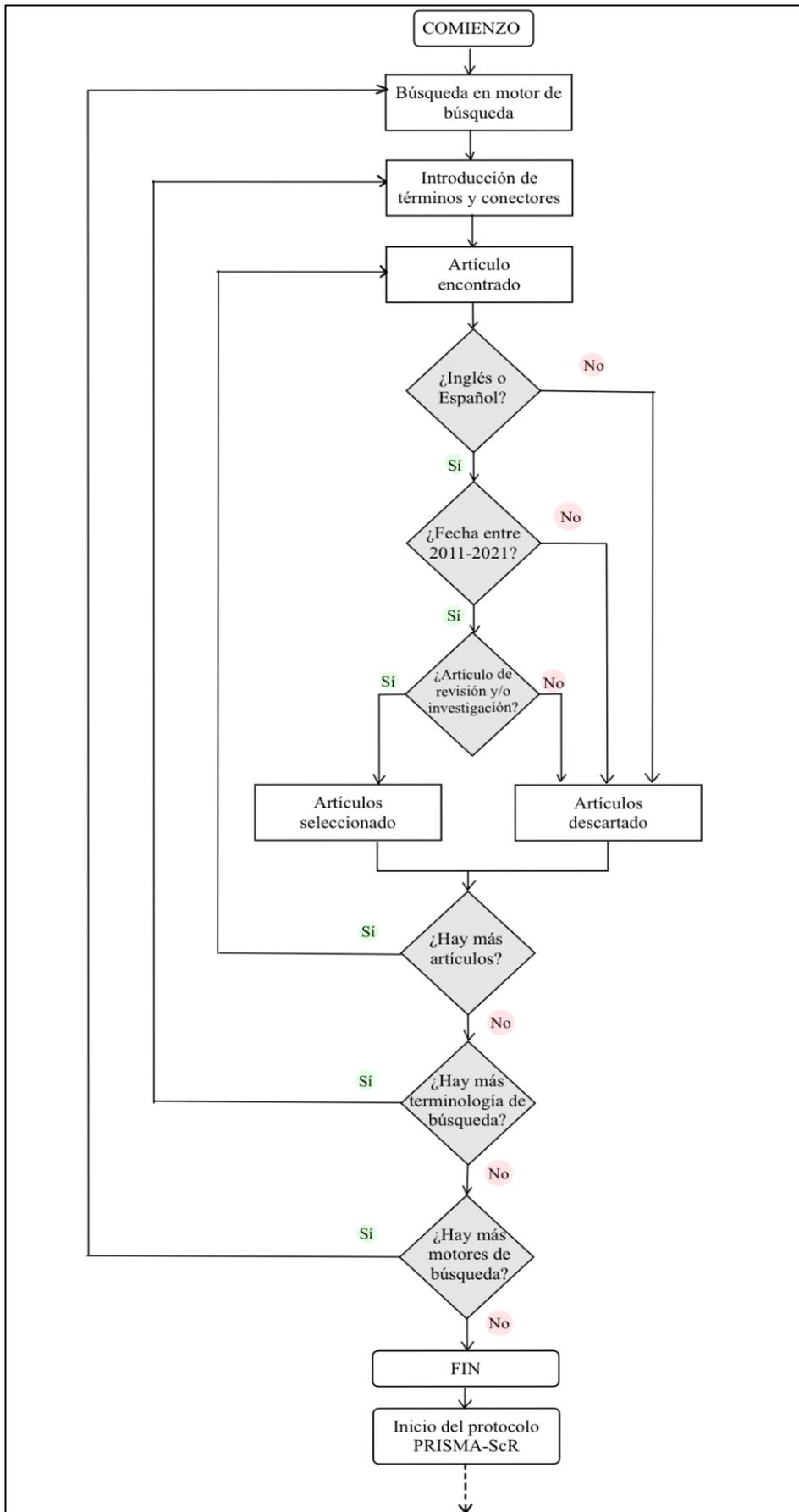


Ilustración 3. Diagrama de flujo de la estrategia de búsqueda literaria. [Fuente: propia]

Fases del protocolo PRISMA-ScR

Tras la búsqueda y filtrado de los diferentes artículos, se procede con el protocolo PRISMA-Sc. Se aplicarán las diferentes fases mencionadas antes y serán recogidas en un diagrama de flujo de elaboración propia. [2][31]

Fase de identificación

En este primer criterio se van a descartar los artículos, que, a pesar de incluir las palabras clave y los filtros, no profundizan en la temática de este trabajo de investigación.

Para realizar la primera ronda de descarte, se han ordenado los artículos obtenidos por orden de relevancia y se ha procedido a una lectura del título. Si se da el caso de que el artículo no posee el título esperado, se descartará. Este proceso se realizará en todos los sistemas de búsqueda hasta finalizar con los resultados existentes.

Fase de selección

Después de haber realizado el proceso de identificación, los documentos obtenidos fueron examinados para dar con artículos duplicados.

En esta fase se consultará, además, el resumen de cada uno de los documentos y se descartarán en el caso de que, a criterio, no sea potencialmente lo esperado.

Cabe destacar que la Universidad de Valladolid permite a sus usuarios tener acceso gratuito a los documentos de forma completa ubicados en los diferentes sistemas de búsqueda, ya que, se precisa tener registro en la plataforma para consultar los diferentes artículos. En caso contrario, la fase de selección y sucesivas, no serían posibles.

Fase de elegibilidad

El siguiente criterio se basa en la elegibilidad, fase muy relevante que va a influir en la calidad del análisis del estado del arte. En este criterio se procede a leer el artículo individualmente y por completo. Los artículos que se consideren de información insuficiente se descartarán. Del mismo modo, se tendrá en cuenta la opinión del autor/autores y sus conclusiones, así como del número de citas que posee el artículo. Por último, de manera similar que la fase anterior, si se da el caso de que existen dos artículos de información muy semejantes, se seleccionará la publicación más completa y con fecha más reciente.

Fase de inclusión

Finalmente, los artículos que en la fase de elegibilidad no se han descartado, serán incluidos en este trabajo de revisión.

En la siguiente ilustración, se muestra un diagrama de flujo que describe el procedimiento mencionado basado en las pautas del algoritmo de PRISMA-ScR para la selección de los diferentes artículos, que posteriormente, serán usados y estudiados en el *Capítulo 3*.

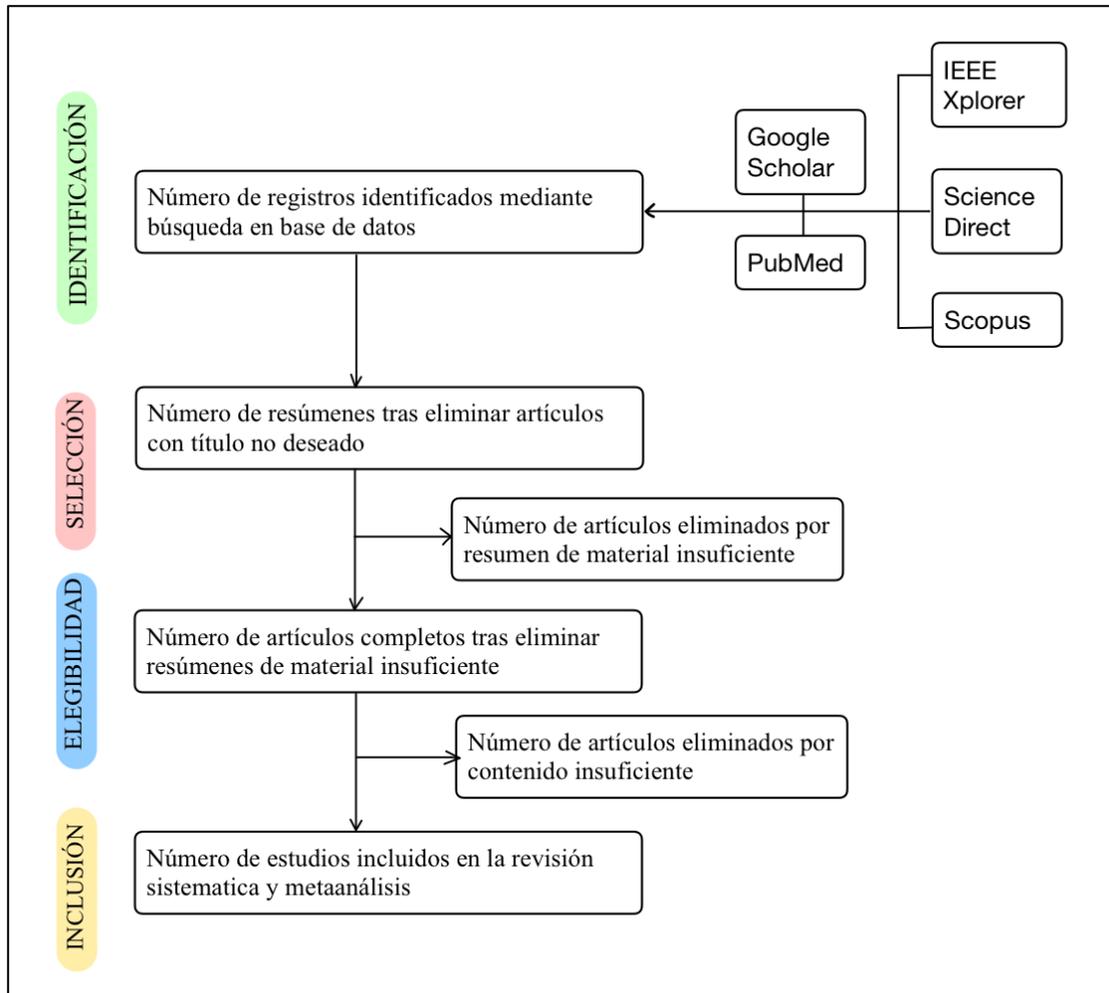


Ilustración 4. Diagrama de flujo del protocolo PRISMA-ScR I. [Fuente: propia]

2.2. Revisión de aplicaciones móviles comerciales

Como se comentó en el Capítulo 1 a lo largo de los años, con el avance de Internet y la tecnología, han aparecido términos como la salud electrónica también denominada salud móvil, provenientes del inglés eHealth y mHealth respectivamente.

Una vez realizada la revisión de la literatura de artículos científicos centrados en el aprendizaje automático, se procede, de la misma manera, a realizar una revisión de las aplicaciones móviles que se encuentran disponibles actualmente.

Estrategia de búsqueda

Fuentes de búsqueda

La recopilación de aplicaciones móviles (mHealth) se realizaron en los sistemas de búsqueda más populares de las marcas de smartphones. En este caso, se han escogido las dos tiendas de aplicaciones principales y las más usadas: *App Store* utilizado en dispositivos con sistema operativo iOS y *Google Play* utilizado en dispositivos con sistema operativo Android. [31]

Términos de búsqueda

El primer procedimiento a realizar es similar al de la revisión anterior. Se escogen una serie de palabras clave que se adaptan a la búsqueda deseada. En este caso no irán separados de los conectores AND y OR, puesto que no se da la posibilidad de realizar una búsqueda avanzada en ninguno de los dos motores de búsqueda. El conjunto de palabras fue el siguiente:

- mHealth
- eHealth
- Machine learning y emergencias
- Machine learning y health
- AI y health
- AI y medicine
- mHealth y CoreML (para la búsqueda en App Store)
- mHealth y MLKit (para la búsqueda en Google Play)

Filtración de búsqueda

Para acotar el gran número de aplicaciones encontradas se han seguido una serie de criterios:

- Las **categorías principales** serán “medicina” y “salud y bienestar”. Debido a la gran cantidad de aplicaciones disponibles, se descartarán aquellas cuyo propósito sea de entretenimiento, juegos, música, tiendas, aplicaciones de salud para animales, etc.
- Se descartan las aplicaciones que tuvieran un **coste**.
- La **valoración** deberá ser igual o mayor a 2 estrellas y/o tener comentarios satisfactorios de los clientes que usaron la aplicación.
- El **idioma** de las aplicaciones deberá ser inglés y/o español.

Puesto que los diferentes sistemas operativos en los que se encuentran cada una de estas plataformas están en constante actualización y por consecuencia también las aplicaciones, no se tuvo en cuenta la fecha de publicación de cada una de ellas, ya que los desarrolladores de cada aplicación, a lo largo de los años, van publicando mejoras de las aplicaciones que diseñan, en forma de actualización, ya sea en la estética de la interfaz de la propia aplicación, o en las funcionalidades que esta pueda poseer.

Estrategia de inclusión

Una vez realizada la selección de las aplicaciones relacionadas con el ámbito de las urgencias sanitarias, el último procedimiento es la inclusión de las aplicaciones elegidas. En este criterio se procede a leer la descripción de cada aplicación y posteriormente descargarlas para probar cada una individualmente y por completo. Las aplicaciones cuya información sea insuficiente serán descartadas, es decir, que no se centren principalmente en el ámbito de la EM. [31]

Para cada motor de búsqueda se ha usado un dispositivo diferente para así poder probar cada aplicación y realizar el estudio. Para las aplicaciones provenientes de la plataforma Google Play se ha utilizado un Realme 7 5G con sistema operativo Android 10, para las aplicaciones provenientes de la plataforma App Store se ha usado un iPhone 7 con sistema operativo iOS 14.5 (actualización más reciente hasta abril de 2021).

En la siguiente ilustración, se muestra el diagrama flujo que describe el procedimiento mencionado para la selección de las aplicaciones móviles.

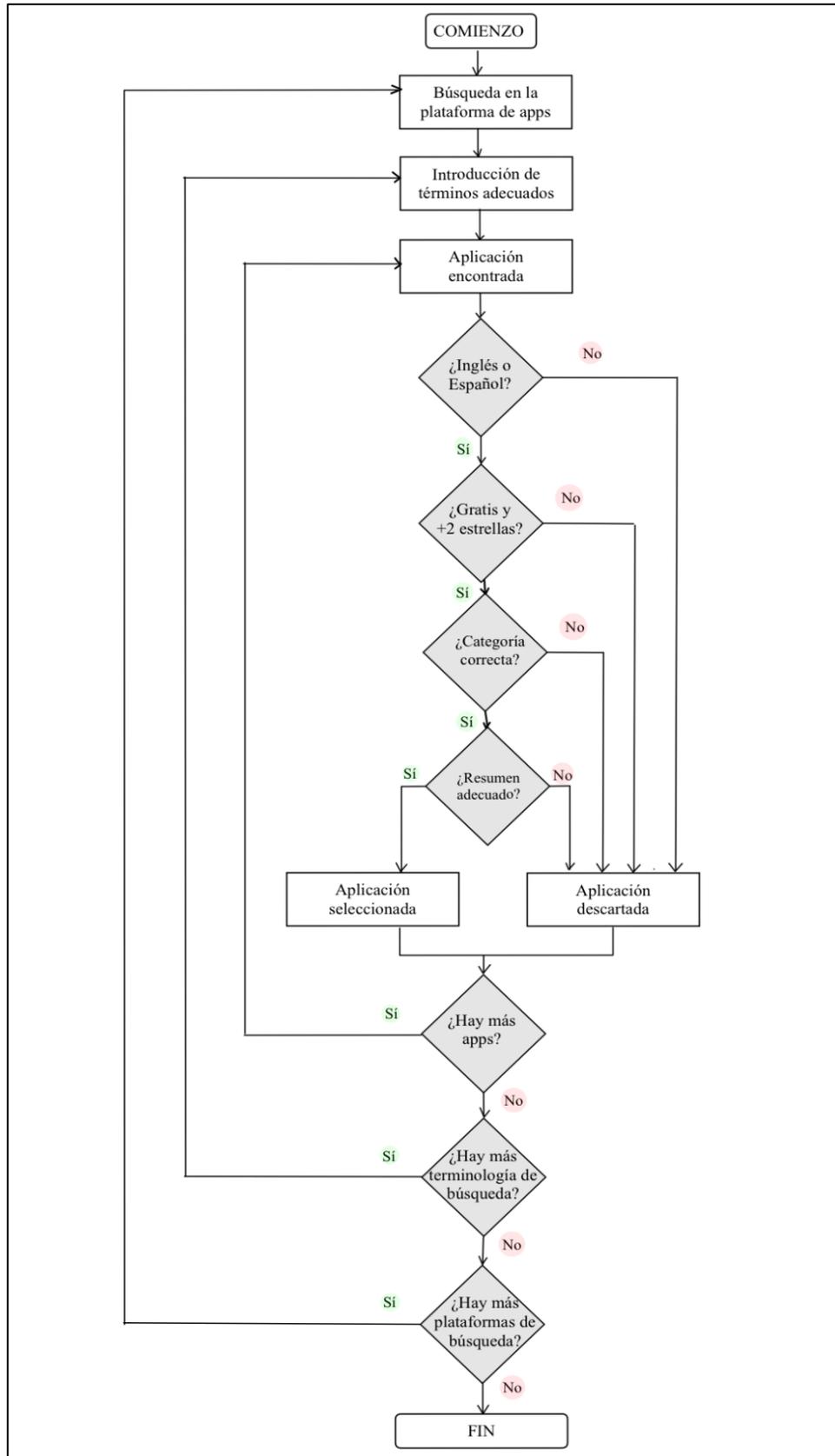


Ilustración 5. Diagrama de flujo seguido en la búsqueda de aplicaciones. [Fuente: propia]

Capítulo 3. Resultados

En este capítulo se recogen los resultados numéricos, artículos y aplicaciones más completas y relevantes para obtener un análisis minucioso del tema de este TFG, haciendo uso de la metodología descrita en el [Capítulo 2](#).

Para el análisis de las principales contribuciones se eligieron finalmente, **20 artículos** de información potencial en la revisión de la literatura y **12 aplicaciones móviles** en la revisión de aplicaciones comerciales.

3.1. Rendimiento en la revisión de la literatura

Se expone el resultado obtenido de la metodología que se ha seguido en cada una de las fases, de acuerdo con el diagrama de flujo mencionado en el [Capítulo 2.1](#).

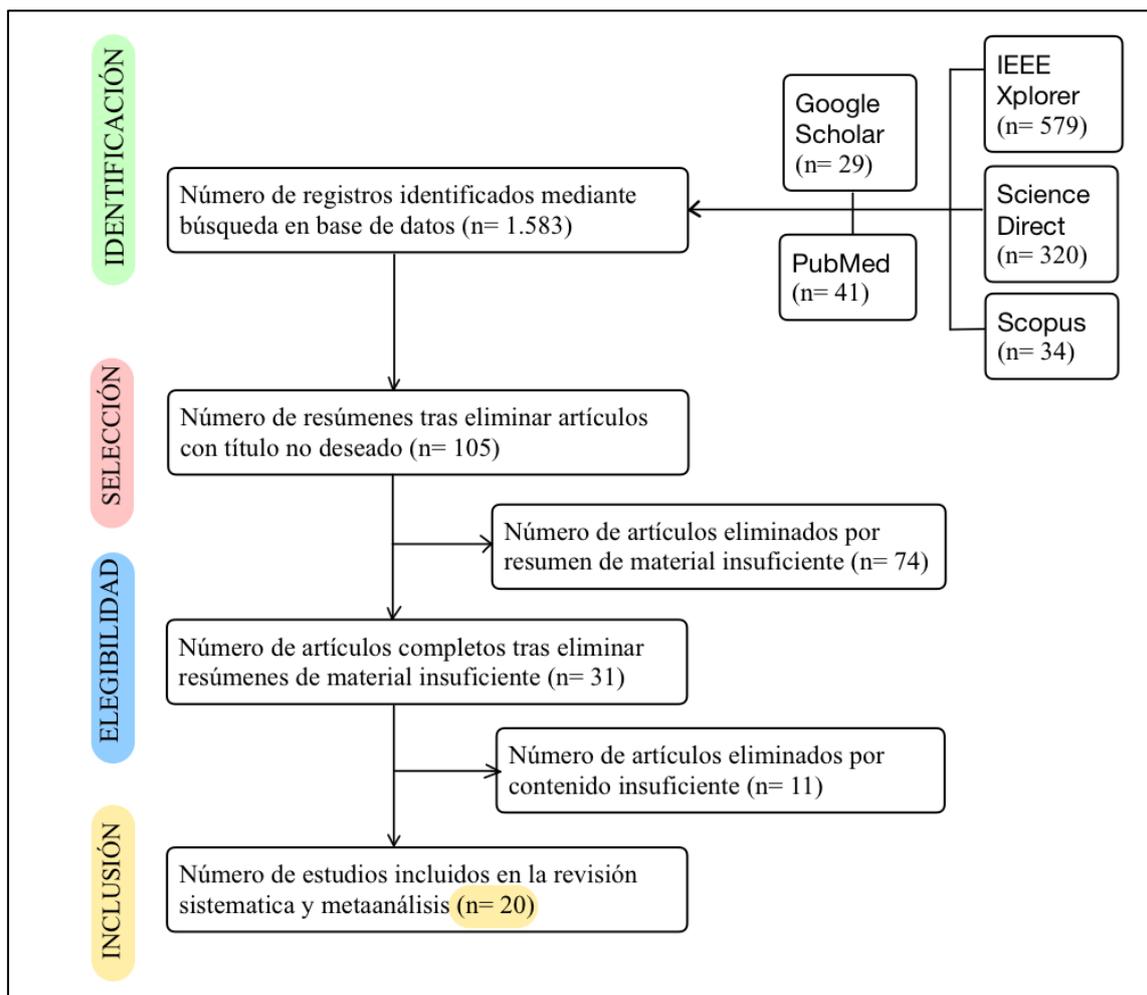


Ilustración 6. Diagrama de flujo PRISMA-ScR II [Fuente: propia]

Estrategia de búsqueda

Inicialmente, aplicando las correspondientes palabras clave y filtros, se recuperaron un total de 1.583 artículos mediante búsquedas en las bases de datos bibliográficas identificadas, tal y como se muestran en la siguiente tabla y su respectiva representación gráfica.

Motor de búsqueda	Términos de búsqueda	Filtración de búsqueda
Google Scholar	+1.600.000	29
IEEE Xplore	126.218	579
PubMed	269.704	41
Science Direct	2.061	320
Scopus	365	34
	Total:	1.583

Tabla 2. N.º Resultados obtenidos en los motores de búsqueda I. [Fuente: propia]

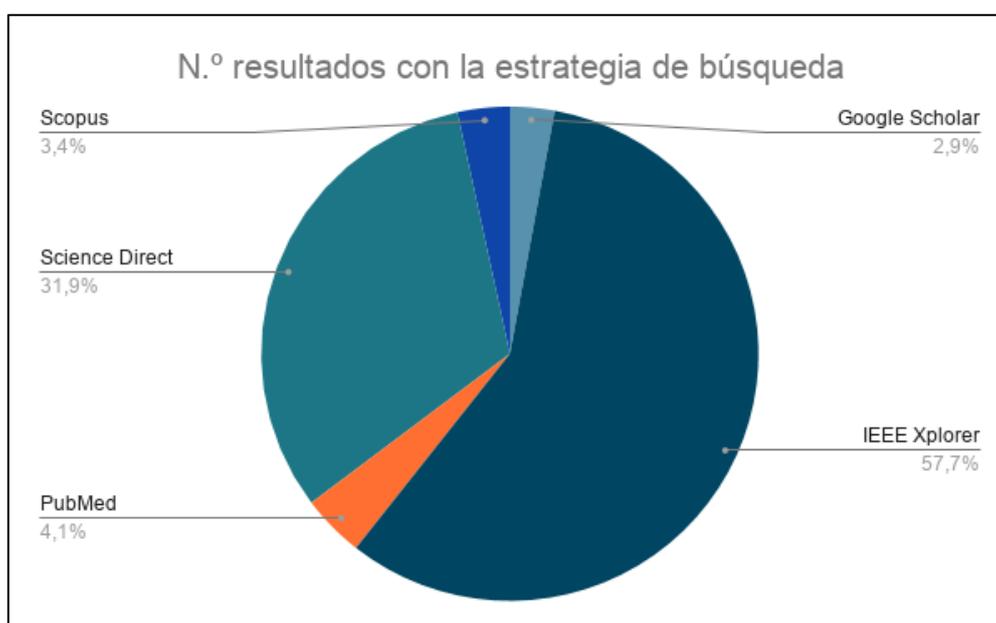


Ilustración 7. N.º Resultados obtenidos en los motores de búsqueda II. [Fuente: propia]

Fases del protocolo PRISMA-ScR

Fase de identificación

Tras la estrategia de búsqueda, se aplicaron diferentes criterios en los artículos encontrados, descartando 1.478 registros cuyos títulos no cumplían con lo esperado.

Fase de selección

Seguidamente, en esta fase se parte de 105 artículos con título adecuado. Se eliminan un total de 74 artículos, debido a que no profundizaban en la temática por el resumen que poseían.

Fase de elegibilidad

En esta fase se encuentran 31 artículos para analizar su respectivo contenido, eliminando posteriormente 11 de ellos.¹

Fase de inserción

Finalmente, se da con los 20 artículos incluidos en este trabajo de revisión sistemática, cuyas principales contribuciones se analizarán en el *Capítulo 3.2*.

El número de artículos obtenidos de información potencial en cada motor de búsqueda se encuentra desglosado en la siguiente tabla y representados de forma gráfica en el siguiente histograma.

Motor de búsqueda	N.º de artículos
Google Scholar	2
IEEE Xplorer	6
PubMed	2
ScienceDirect	7
Scopus	3
Total:	20

Tabla 3. N.º Resultados obtenidos en los motores de búsqueda II. [Fuente: propia]

¹ Los 31 artículos se recogen con sus principales características en la tabla del *Anexo A*.

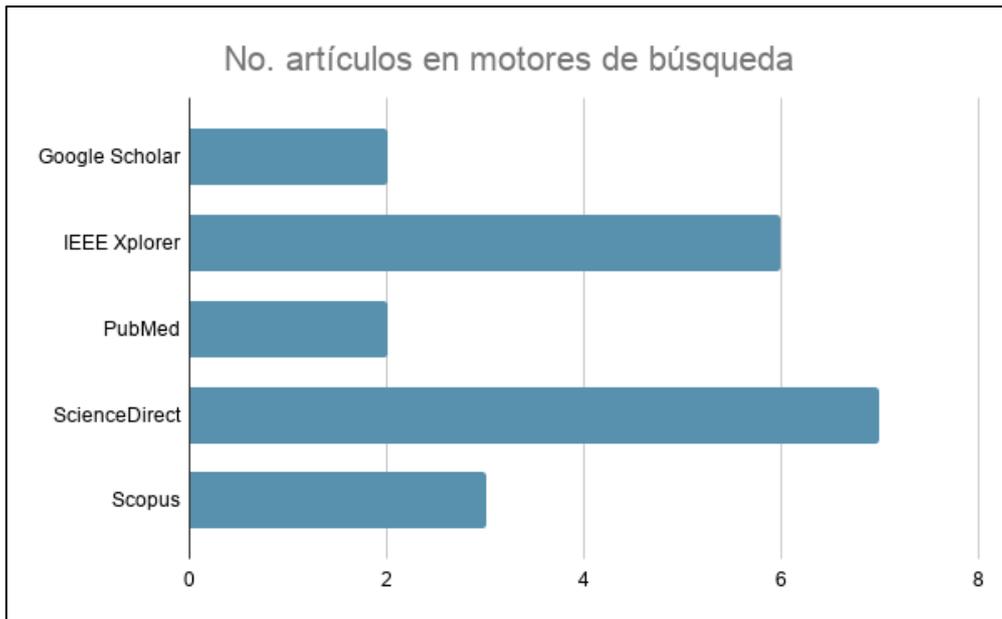


Ilustración 8. N.º Resultados en la búsqueda de la revisión literaria. [Fuente: propia]

El motor de búsqueda Science Direct es la plataforma donde se han seleccionado más artículos de interés, seguida de IEEE Xplorer.

Realizando una consulta de las respectivas fechas de cada publicación, se pueden ver recogidos, en la siguiente tabla y gráfica, los 20 artículos en los últimos 10 años.

Año de publicación	N.º de artículos obtenidos
2011	0
2012	0
2013	0
2014	0
2015	0
2016	0
2017	1
2018	2
2019	3
2020	9
2021	5
Total:	20

Tabla 4. N.º artículos publicados en los últimos 10 años I. [Fuente: propia]

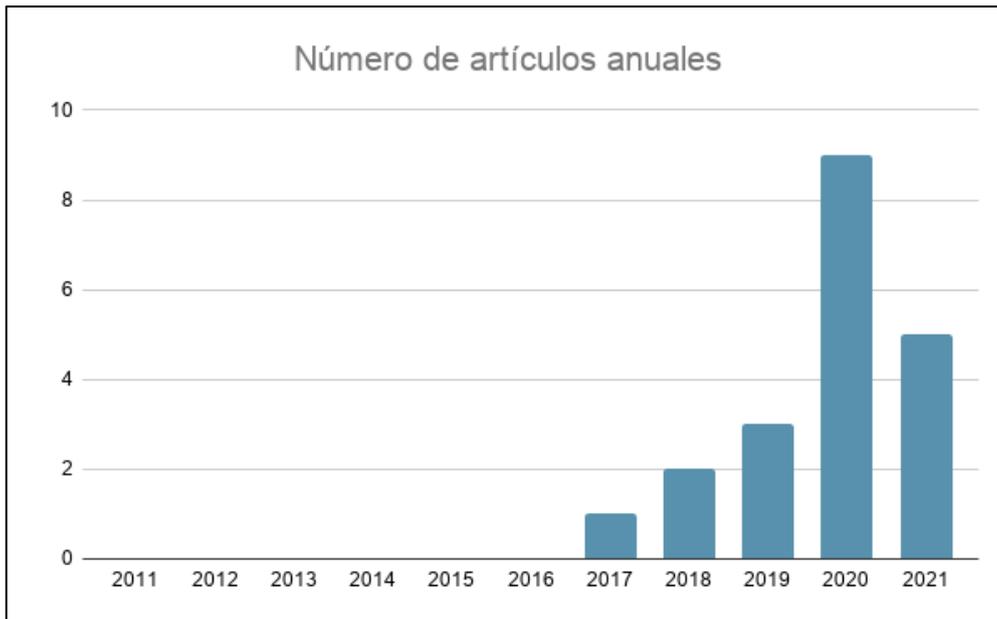


Ilustración 9. N.º artículos publicados en los últimos 10 años II. [Fuente: propia].

El año 2020 destaca por tener un gran número de artículos con información de interés respecto a años anteriores. Esto es debido principalmente a la investigación de la COVID-19 considerada como una enfermedad de emergencia sanitaria a nivel global, cuya necesidad de detección y tratamiento mediante aprendizaje automático, entre otros, es de vital importancia en la actualidad.

Analizando cada una de las publicaciones, se ha categorizado la literatura obtenida en 7 grandes grupos de acuerdo con el contenido tratado en cada una de las publicaciones.

Grupo	N.º de publicaciones
1. Atención médica prehospitalaria y detección de enfermedades	3
2. Decisiones clínicas	4
3. Detección y gestión de COVID-19	3
4. Medicina de emergencia (EM)	3
5. Servicios médicos y/o servicios de emergencia	4
6. M-Health	2
7. Otros	1
Total:	20

Tabla 5. Categorización de las publicaciones. [Fuente: propia]

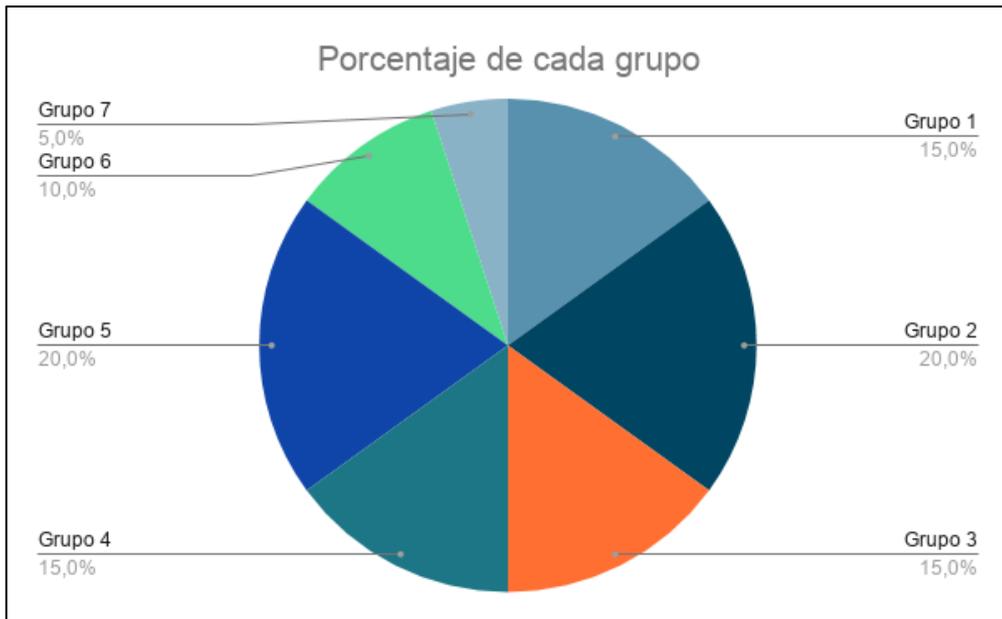


Ilustración 10. Gráfica de la categorización de la literatura. [Fuente: propia]

Las dos temáticas en las que más se centraban las investigaciones fueron, los sistemas basados en la ayuda de decisiones clínicas y sistemas que ayudan en la atención de servicios médicos y de emergencia.

3.2. Análisis de las contribuciones de los artículos obtenidos

La mayoría de las intervenciones se han centrado en la predicción, cuyos estudios analizaron las capacidades predictivas del ML. En este apartado se recogen las contribuciones más relevantes de cada uno de estos artículos.

La siguiente tabla presenta el título, la fecha, la temática de salud y las principales contribuciones que abordan.

Machine Learning-Based Early Warning Systems for Clinical Deterioration: Systematic Scoping Review [8].	Febrero de 2021
Temática de salud: Deterioro clínico	
Principales contribuciones: Este artículo expone y evalúa el estado actual de los sistemas de alerta temprana basados en ML para el deterioro clínico. Los resultados obtenidos en este artículo se realizaron con una revisión sistemática de alcance siguiendo el modelo PRISMA-ScR donde se concluyen que el impacto en sistemas de alerta temprana basados en ML podría ser significativo para el personal clínico y para los pacientes a causa de la disminución de alertas falsas y al aumento de detección temprana. Del mismo modo, también se recalca que estos modelos tienen el potencial de ofrecer apoyo en las decisiones clínicas, pero existe la necesidad de obtener un mayor desarrollo de estos modelos en líneas futuras y su investigación correspondiente para establecer una situación clínica real. Es por eso que aseguran que la utilidad aún no existe.	

Artificial Intelligence and Machine Learning in Emergency Medicine [10].

Julio de 2018

Temática de salud:

Emergencias médicas

Principales contribuciones:

En este artículo se estudia y se realiza un análisis de **investigación sobre la AI y el ML en la EM.**

A lo largo del artículo se exponen las **definiciones** de AI, ML y DL y la necesidad y utilidad que poseen en servicios de urgencia.

Además, se centra en diferentes utilidades en el ámbito de la salud, como el análisis de imágenes clínicas, el monitoreo clínico, las predicciones de resultados clínicos, donde finalmente se recalca que, a pesar de las limitaciones, la AI y sus subcampos son muy útiles ya que son capaces de **resolver problemas en una amplia gama de dominios clínicos.**

Review on machine and deep learning models for the detection and prediction of Coronavirus [13].

Junio de 2020.

Temática de salud:

COVID-19

Principales contribuciones:

En este artículo de revisión se recogen los modelos de DL y ML para la **detección y predicción** de la enfermedad declarada emergencia sanitaria **COVID-19.**

Inicialmente se contextualiza dicha enfermedad y se **proponen soluciones** a través de la AI realizando una revisión de alcance siguiendo el modelo PRISMA-ScR.

Se finaliza la investigación concluyendo que hasta ahora para el tratamiento de los pacientes con COVID-19 no existe ningún fármaco eficaz, pero que la detección y/o predicción **temprana** de casos de coronavirus puede ser posible con estos **modelos de predicción**, ya que los datos de pacientes de todo el mundo son de gran utilidad para los investigadores de AI y ML para el desarrollo de una herramienta de diagnóstico automático.

Applications of machine learning and artificial intelligence for Covid-19 (SARS-CoV-2) pandemic: A review [14].

Octubre de 2020.

Temática de salud:

COVID-19

Principales contribuciones:

De manera similar al artículo anterior, en este informe se estudia la información existente sobre la **aplicación del ML y la AI para abordar la pandemia de COVID-19.**

A lo largo del artículo se realiza un análisis rápido y crítico del tema a tratar, donde se abordan estudios recientes que aplican las tecnologías ML y AI.

Se concluye, tal y como se está tratando en este TFG que el desarrollo de AI y ML está en continua mejora ya que la mayoría de los modelos no se han implementado lo suficiente como para mostrar su funcionamiento en el mundo real, a pesar de que estén a la altura debido al proceso de mejora del tratamiento, detección, predicción, rastreo de contactos y desarrollo de fármacos o vacunas para hacer frente a la pandemia.

Automatic Clinical Procedure Detection for Emergency Services [15].

Julio de 2019.

Temática de salud:

Procesos clínicos

Principales contribuciones:

En este informe se trata la detección automática de **procedimientos clínicos para servicios de emergencia.**

Se evalúa un sistema basado en algoritmos de reconocimiento de actividad humana para reconocer con precisión los procesos clínicos y enviar datos de dichos procesos sin la presencia del médico. Para ello, se expone un **diseño experimental** con 4 participantes con diferentes niveles de formación médica y se explica el sistema de detección de procedimientos clínicos.

En este artículo se concluye indicando que este sistema es un paso necesario para conseguir un rendimiento alto, ya que en líneas futuras se pretende mejorar el rendimiento de este mediante la incorporación de DL y técnicas para el procesamiento de imágenes, ya que no lograron el resultado esperado.

Machine learning and artificial intelligence in the service of medicine: Necessity or potentiality? [16].

Noviembre de 2020.

Temática de salud:

Medicina general

Principales contribuciones:

Este artículo surge como resultado de la tendencia mundial a la **digitalización del sistema de atención médica** y de cómo su necesidad afecta a este ámbito.

Tiene como objetivo **orientar** inicialmente a los médicos interesados en el tema con una visión fácil del uso de AI y ML. Así como **discutir** la introducción de estas tecnologías en la aplicación de diferentes campos de la medicina, como en neurología, cardiología, oncología, etc.

Finalmente, el artículo finaliza con una clara visión de futuro, donde se **presentan diferentes limitaciones** para incorporar por completos estos sistemas en los diferentes campos de la salud y realizarlo de forma segura en la práctica clínica diaria.

Classification of hospital admissions into emergency and elective care: a machine learning approach. [32].

Noviembre de 2017.

Temática de salud:

Emergencias médicas

Principales contribuciones:

Este artículo se centra en la **clasificación de las admisiones hospitalarias** en atención de emergencia enfocado al aprendizaje automático.

A lo largo del documento se desarrolla un modelo para **clasificar** los ingresos hospitalarios basados en el diagnóstico de un paciente y **predecir** la urgencia con un valor numérico.

El modelo de clasificación desarrollado asigna grados de urgencia a cada diagnóstico, que se pueden aplicar fácilmente a los datos hospitalarios y sistemas sanitarios. Para ello, se usan técnicas de aprendizaje automático supervisado y se **entrena** el modelo con opinión de médicos expertos. Este modelo ofrece una **precisión del 96%**.

Machine Learning for Predicting Emergency Incidents that Need an Air-ambulance [33].

Julio de 2020.

Temática de salud:

Emergencias médicas

Principales contribuciones:

Este documento a modo de póster recoge cómo **predecir** incidentes médicos de emergencia que necesitan ambulancia aérea a través del aprendizaje automático.

Para la investigación descrita, se realizaron **búsquedas** en los datos de envío de ambulancias en bases de datos de servicios médicos de emergencia y después de esa fase de exploración se unificaron métodos de ML para obtener un resultado prometedor que permita realizar más experimentos en un futuro.

Principalmente el objetivo de este artículo es **desarrollar un informe** en tiempo real para ayudar el servicio médico de emergencia y así mejorar los resultados de los pacientes.

An accurate and dynamic predictive model for a smart M-Health system using machine learning [34].

Octubre de 2020.

Temática de salud:

m-Health

Principales contribuciones:

Este artículo se centra en un **modelo** predictivo **preciso y dinámico** para un sistema inteligente m-Health que utiliza ML.

A lo largo del documento se **revisan** en detalle las m-Health, sus tecnologías, aplicaciones, arquitectura, etc. Se discuten diferentes métodos de aprendizaje automático empleados para el análisis de datos m-Health y finalmente se **propone un modelo predictivo** basado en ML para mejorar la eficiencia de los sistemas existentes.

Este modelo **se divide** en: recopilación de datos, preprocesamiento de datos, partición de datos, algoritmo de aprendizaje y la toma de decisiones para la que ha sido entrenado.

Development, evaluation, and validation of machine learning models for COVID-19 detection based on routine blood tests [35].

Octubre de 2020.

Temática de salud:

COVID-19

Principales contribuciones:

En este artículo se estudia el **desarrollo** y la **evaluación** de modelos de aprendizaje automático para la detección de COVID-19 basado en análisis de sangre.

La metodología que se llevó a cabo fue **entrenar 3 conjuntos de datos** diferentes y así poder desarrollar diferentes modelos predictivos.

Finalmente, se concluye que el ML desarrollado se puede aplicar a los análisis de sangre como método alternativo a la PCR para **identificar**, de forma rápida y eficaz, dicha enfermedad en pacientes positivos, aunque este sea menos preciso.

IoT based healthcare monitoring system using 5G communication and Machine learning models [36].

Enero de 2021

Temática de salud:

Atención médica

Principales contribuciones:

Este artículo se basa en un **sistema** de monitoreo de atención médica basado en IOT que utiliza modelos de aprendizaje automático y comunicación 5G.

Este sistema inteligente para pacientes mediante la **implantación** de sensores inalámbricos en el cuerpo **recopila** diferentes aspectos vitales como la frecuencia cardíaca, la presión arterial, etc.

Los sensores son **controlados** por dispositivos de IoT y tienen **acceso al historial clínico** del paciente lo que va a permitir a realizar un tratamiento inmediato del paciente en su estado más crítico.

Artificial Intelligence for the Future Radiology Diagnostic Service [37].

Enero de 2021

Temática de salud:

Procesos clínicos

Principales contribuciones:

En este capítulo se **estudia** la inteligencia artificial en líneas futuras al diagnóstico radiológico.

Se proponen **3 vías** para el papel importante de la AI en radiología más allá de las capacidades actuales;

Mejorar el rendimiento del diagnóstico asistido por ordenador, mejorar el **servicio** de radiología mediante el trabajo realizado por inteligencia artificial y por último **desarrollar** un sistema que integre los datos de radiología y patología para facilitar el servicio de diagnóstico.

Role of machine learning in medical research: A survey [38].

Mayo de 2020

Temática de salud:

Medicina general

Principales contribuciones:

Esta revisión se centra en el **papel fundamental que desempeña el ML** en la investigación médica.

Se **estudian** y **analizan** diferentes conceptos del ML y DL y la posible aplicación médica que pueden poseer.

Se concluye finalmente, que las técnicas de DL son mejores en la tarea de predicción para grandes conjuntos de datos, como datos de imágenes médicas y datos de diagnóstico y pronóstico médico.

Applications of Machine Learning Approaches in Emergency Medicine [39].

Junio de 2019

Temática de salud:

Emergencias médicas

Principales contribuciones:

Este artículo aborda las **aplicaciones** de aprendizaje automático en medicina de emergencia.

Se tiene como objetivo en este trabajo **recopilar** y **evaluar** los estudios existentes en los últimos años sobre la AI en la EM, donde se pueden **categorizar en tres grupos**, predicción y detección de enfermedades, predicción de la necesidad de ingresos, altas y mortalidad y sistemas de triaje basados en ML.

Se concluye destacando que los algoritmos y métodos mencionados pueden ser muy útiles para **predecir** la admisión de pacientes y **mejorar** la clasificación de pacientes.

Fall Detection for Elderly People using Machine Learning [40].

Julio de 2020.

Temática de salud:

Emergencias médicas

Principales contribuciones:

Este documento expone un **sistema de detección de caídas** basado en sensores portátiles que son apropiados para personas de edad avanzada.

El método que se propone se basa en **usar algoritmos** de ML para detectar caídas a través de una series de actividades de la vida diaria. Este modelo fue evaluado utilizando parámetros como: sensibilidad, especificidad, precisión y matriz de confusión.

Este sistema posee una **precisión del 96%** según su algoritmo.

Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Musculoskeletal Imaging [41].

Febrero de 2019.

Temática de salud:

Fisioterapia Musculo esqueletal

Principales contribuciones:

En este artículo se **describen** las aplicaciones claves del ML supervisado y no supervisado en la medicina musculoesquelética. Como el diagnóstico por imágenes, datos de medición del paciente y apoyo en la toma de decisiones clínicas.

Finalmente, se concluye que el ML supervisado **posee un gran potencial** para evolucionar la práctica de la fisioterapia a través de las aplicaciones mencionadas. Como diferencia destaca el ML no supervisado que, a pesar de no estar probado, puede **ayudar a extraer datos** para identificar a posibles pacientes.

Architecture of Smart Health Care System Using Artificial Intelligence [42].

2020.

Temática de salud:

Atención médica

Principales contribuciones:

Se propone en este artículo una **arquitectura inteligente** del sistema de salud utilizando AI.

El sistema propuesto **mejorará** la capacidad de los sanitarios para comprender las necesidades básicas de los pacientes, permitiendo así **orientar** y **apoyar** a estos de forma eficaz, haciendo uso del tiempo del personal y reduciendo de forma notable los costes.

Se concluye que la atención medica basada en AI o ML brinda **multitud de mejoras** para el sector de la salud.

Machine Learning-based Risk of Hospital Readmissions: Predicting Acute Readmissions within 30 Days of Discharge [43].

2019

Temática de salud:

Atención médica

Principales contribuciones:

A lo largo de este documento se habla del **riesgo de readmisiones hospitalarias** basándose en ML para predecir las readmisiones agudas durante los 30 días posteriores al alta.

El modelo predictivo que se propone **funciona mejor** que otros modelos de riesgo de admisión. Pero, como líneas futuras se propone para **fortalecer** aún más la predicción de riesgo y su impacto clínico, el hecho de añadir datos no clínicos como apoyo social.

SaveMe: A Crime Deterrent Personal Safety Android App with a Bluetooth Connected Hardware Switch [44].

Agosto de 2018.

Temática de salud:

m-Health

Principales contribuciones:

Es un artículo que recoge la elaboración de una **aplicación de Android** para la seguridad personal.

Esta aplicación consiste en un **interruptor conectado** al smartphone a través de bluetooth que se pulsa para **dar aviso** de un peligro al contacto de emergencia de la víctima en cuestión

Clinician involvement in research on machine learning-based predictive clinical decision support for the hospital setting [45].

Marzo de 2021.

Temática de salud:

Decisión clínica

Principales contribuciones:

Este trabajo de investigación se basa en la **participación** de los médicos en la investigación de apoyo a las decisiones clínicas basadas en ML para el entorno de la salud.

En este artículo, se buscó **describir** la participación de profesionales clínicos en el desarrollo, **evaluación** y puesta en marcha de sistemas para apoyar la toma de decisiones clínicas que usan ML, además de **analizar los datos** de registros médicos electrónicos para ayudar a los profesionales médicos en su diagnóstico y tratamiento, así como en la toma de decisiones.

Tabla 6. Características de los artículos seleccionados.

3.3. Rendimiento en la revisión de aplicaciones comerciales

De acuerdo con la metodología seguida en el *Capítulo 2.2*, se presenta el siguiente diagrama de flujo con los resultados numéricos obtenidos en cada una de las fases, para, finalmente, dar con las apps más relevantes.

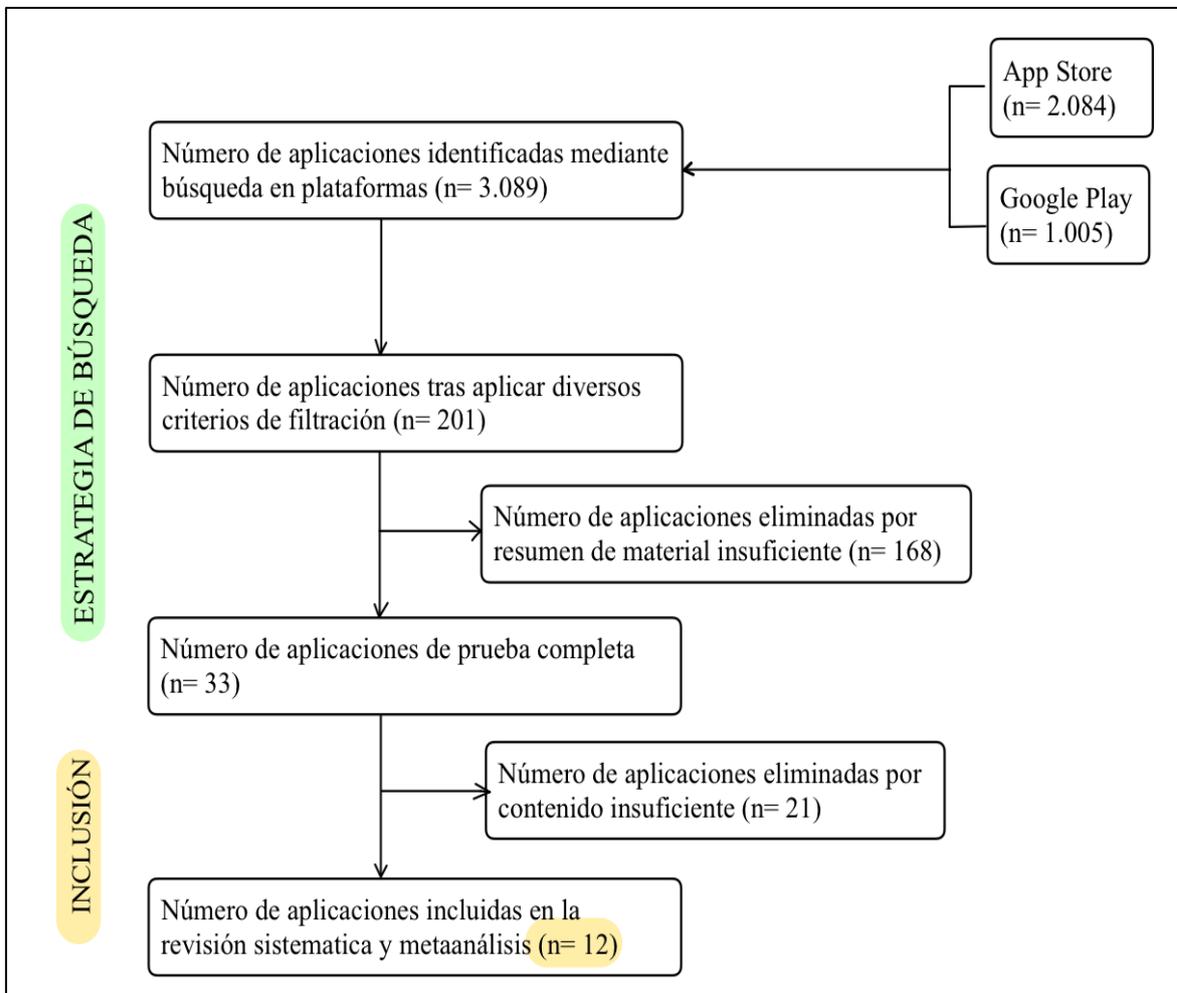


Ilustración 11. Diagrama de flujo de los resultados obtenidos. [Fuente: propia]

Estrategia de búsqueda

En primer lugar, se realizaron diversas búsquedas en las plataformas comerciales mencionadas.

Se aplicaron las palabras clave deseadas y se recuperaron un total de 3.089 aplicaciones, tal y como se muestran en la siguiente tabla y su respectiva gráfica.

Motor de búsqueda	N.º resultados
App Store	2.084
Google Play	1.005
Total:	3.089

Tabla 7. N.º Resultados obtenidos en las plataformas comerciales I. [Fuente: propia]



Ilustración 12. N.º Resultados obtenidos en las plataformas comerciales II. [Fuente: propia]

Una vez obtenidos los resultados de la anterior tabla, se aplicaron diversos filtros con el objetivo de acotar el resultado, logrando así 201 aplicaciones, de las cuales se leyó la descripción para dar con las aplicaciones de temática más acertadas.

Se descartaron un total de 168, dando lugar a 33 aplicaciones, que serán sometidas a un último criterio.²

Fase de inclusión

Finalmente, se da paso a la última fase, donde previamente se eliminaron las 21 aplicaciones menos genéricas que no abarcaban el tratamiento y/o cuidado de diferentes enfermedades de emergencia sanitaria. También se suprimieron las aplicaciones de funcionalidad similar a otras, obteniendo un total de 12 aplicaciones, que, en el [Capítulo 3.4](#) serán estudiadas y probadas en los diferentes dispositivos móviles.

² Las 33 aplicaciones se recogen con sus principales características en la tabla del [Anexo B](#).

El número de apps de información potencial, obtenidas en cada motor de búsqueda, se aprecia desglosado en la siguiente tabla.

Motor de búsqueda	N.º resultados
App Store	2
Google Play	2
Ambos	8
Total:	12

Tabla 8. N.º Apps seleccionadas para este trabajo

De forma gráfica, también se muestran el número de aplicaciones lanzadas en los diferentes años.

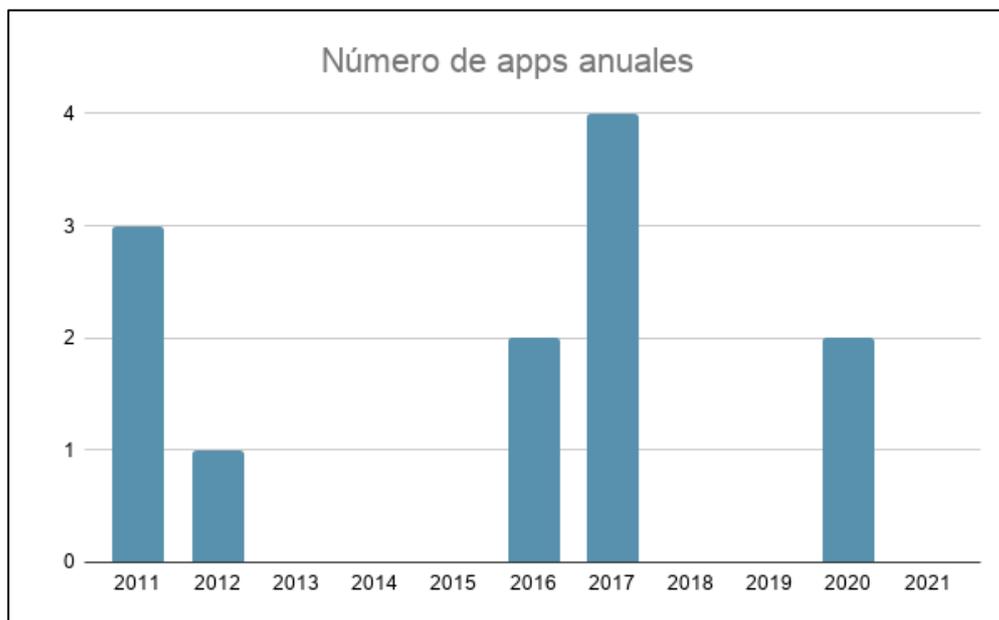


Ilustración 13. N.º apps en los últimos 10 años. [Fuente: propia].

Entre las temáticas de salud más abordadas en esta revisión, fueron las decisiones clínicas, al igual que pasó con la revisión de la literatura, seguida de aplicaciones para la atención médica prehospitalaria.

Por esto, se han categorizado en 5 grupos genéricos según el contenido tratado en cada una de estas apps.

Grupo	N.º de Aplicaciones
1. Atención médica prehospitalaria	3
2. Aplicaciones para la gestión de COVID-19	2
3. Ayuda con enfermedades o discapacidades físicas	2
4. Búsqueda de material clínico y ayuda entre personal sanitario	2
5. Decisiones clínicas	3
Total:	12

Tabla 9. Categorización de las aplicaciones. [Fuente: propia]

La siguiente gráfica muestra el porcentaje de la categorías en las que se encuentran estas apps elegidas.

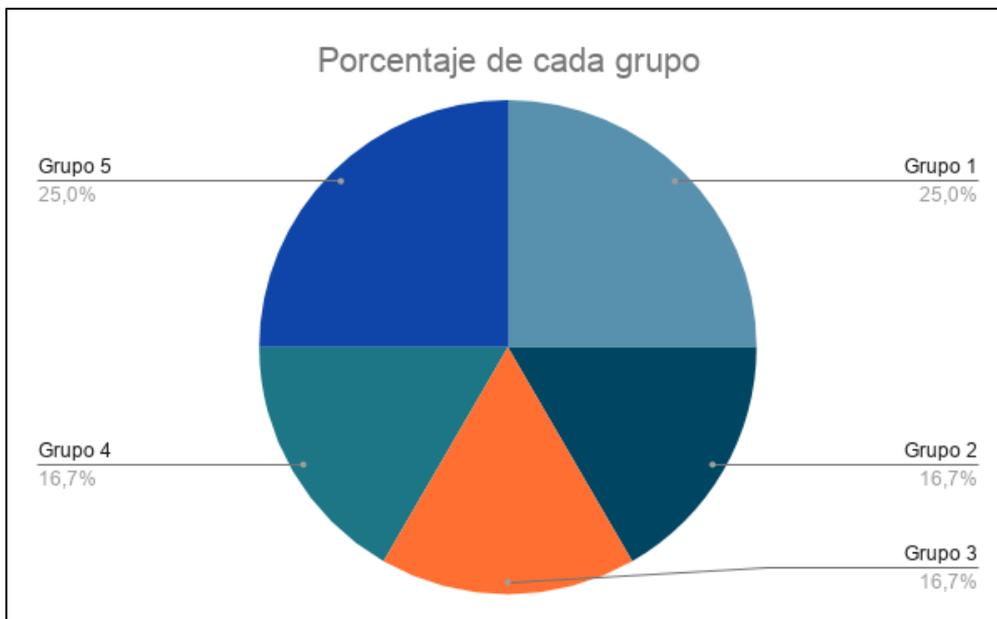


Ilustración 14. Gráfica de la categorización de las aplicaciones. [Fuente: propia]

Por otro lado, para poder conocer el impacto entre los usuarios de estas apps, se ha estudiado las valoraciones que ha tenido cada una de ellas en las dos plataformas comerciales.

El siguiente histograma muestra de manera gráfica la puntuación obtenida de 0 a 5 estrellas.

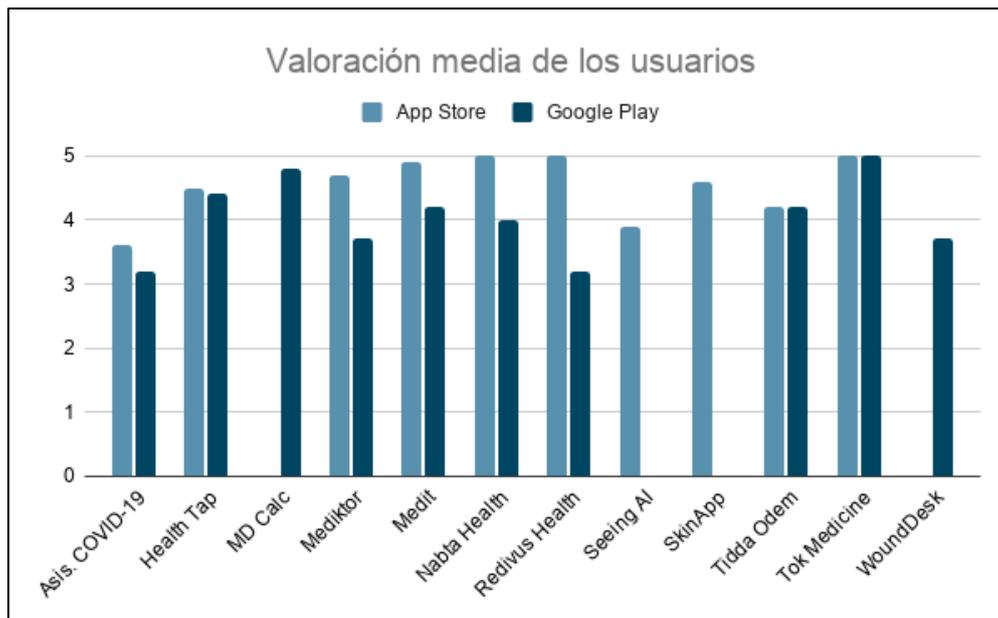


Ilustración 15. Histograma de las valoraciones a cada app. [Fuente: propia].

La aplicación mejor valorada en ambas plataformas es *Tok Medicine*. Seguida de *Nabta Health* y *Redivus Health* para los usuarios de App Store. Y *MDCalc* y *HealthTap* para los usuarios de Google Play.

En cuanto al tipo de técnicas de AI y ML en las que están basadas cada una de estas herramientas, también se pueden dividir en 4 grupos diferentes.

Técnica	N.º de Aplicaciones
1. AI basada en protocolos de evidencia	3
2. ML basado en procesamiento de lenguaje natural	6
3. ML basado en procesamiento visual	2
4. ML basado en procesamiento de lenguaje natural + visual	1
Total:	12

Tabla 10. Categorización de la AI usada en las apps. [Fuente: propia]

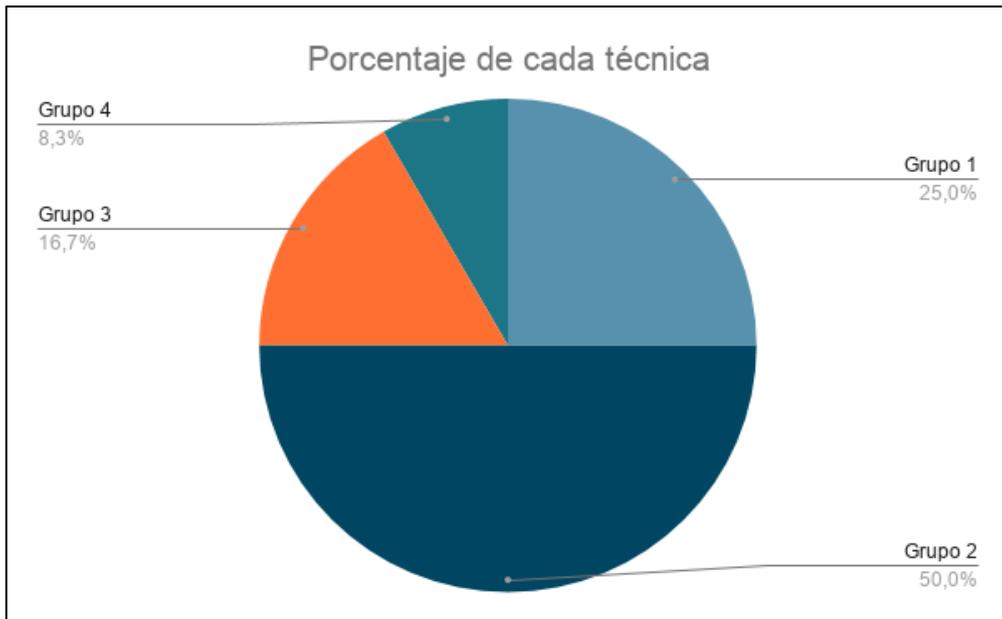


Ilustración 16. Gráfica de las técnicas de las apps. [Fuente: propia]

La técnica que más se usa es el ML basado en procesamiento de lenguaje natural, ya que la mayoría de las apps poseen un asistente virtual o utilizan una búsqueda avanzada que permite al usuario utilizar etiquetas y filtrar el contenido. De esta manera, el sistema según las preferencias del usuario aprende de forma automatizada y a lo largo del tiempo podrá sugerir recomendaciones y/o búsquedas más acordes con la necesidad del usuario.

3.4. Análisis de funcionalidad de las aplicaciones obtenidas

Como varias de las aplicaciones móviles están disponibles para ambas plataformas, sólo serán probadas en uno de los dos sistemas operativos, en este caso iOS, es decir, con la plataforma de App Store, puesto que el dispositivo móvil que se usa para ello es el de uso cotidiano.

3.4.1. Aplicaciones obtenidas en App Store

Antes de iniciar el estudio de cada una de las aplicaciones seleccionadas por separado, cabe mencionar que Apple proporciona a los desarrolladores de las aplicaciones un modelo Core ML que les permitirá integrar, en la aplicación que estén desarrollando, un algoritmo de aprendizaje automático (ML). Este modelo es un conjunto de bibliotecas que se usan para realizar predicciones basadas en nuevos datos de entrada. Del mismo modo, realiza una gran variedad de tareas que acostumbran a ser difíciles o poco prácticas de escribir en código.

Este modelo supone una optimización de tiempo en los procesos de programación.

El siguiente esquema muestra las funcionalidades que ofrece este modelo a partir de la aplicación creada. Core ML posee diferentes herramientas: *Vision* permite el análisis de imágenes, *Natural Language* apto para el procesamiento de texto, *Speech* permite la conversión de audio en texto y *Sound Analysis* de forma similar a la anterior herramienta permite la identificación de sonidos en audio. También posee procesos de bajo nivel como *Accelerate* y *BNNS*, así como *Metal Performance Shaders*. [17]

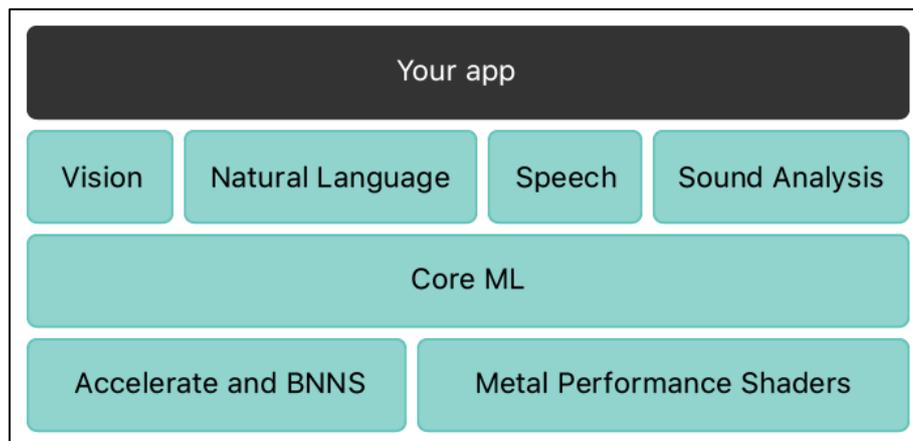


Ilustración 17. Diagrama de funcionalidad de Core ML. [17]

En base a este modelo mencionado y de acuerdo con la metodología seguida para la elección de cada una de ellas, en la siguiente tabla se recogen las principales características de las apps incluidas en este trabajo de revisión sistemática.

Nombre de la app	Estado de salud	Tamaño	Versión y SO compatible	Idioma(s)	¿Registro en la app?
Asistencia COVID-19 [18]	COVID-19	22,3 MB	1.3.0, iOS 11.0 o superior	4, entre ellos, español e inglés	Sí
HealthTap [46]	Múltiple	96.5 MB	21.2, iOS o iPadOS 13.0 o superior	Español e inglés	Sí, a mayores de abonar una cuota mensual
Mediktor [19]	Múltiple	112 MB	5.7.9, iOS o iPadOS 11.0 o superior	9, entre ellos, español e inglés	No es obligatorio
Medit [47]	Búsqueda de material clínico	97.3 MB	1.0.11, iOS o iPadOS 10.0 o superior	Inglés	Sí
Nabta Health [48]	Múltiple	57.2 MB	2.3, iOS o iPadOS 9.3 o superior	Árabe e inglés	Sí
Redivus Health [20]	Decisión clínica	28.5 MB	5.4.4, iOS o iPadOS 9.0 o superior	Inglés	Sí
Seeing AI [21]	Pérdida de visión	302.9 MB	4.0.1, iOS o iPadOS 10.0 o superior	16, entre ellos, español e inglés	No
SkinApp [49]	Dermatología	40.1 MB	2.0.1, iOS 9.3 o superior	Francés e inglés	Sí
Tidda Oden [50]	COVID-19	14.7 MB	1.0.7, iOS o iPadOS 11.0 o superior	Alemán e inglés	Sí

Tok Medicine [51]	Búsqueda de material clínico	36.9 MB	1.4.5, iOS o iPadOS 11.0 o superior	Español e inglés	Sí
-------------------------	------------------------------------	---------	-------------------------------------------	---------------------	----

Tabla 11. Características principales de las apps de App Store. [Fuente: propia]

Como se ha comentado en el [Capítulo 2.2](#), el dispositivo móvil que se va a utilizar para probar las aplicaciones anteriores será un iPhone 7 con sistema operativo iOS 14.5.

Las principales funcionalidades de estas 10 aplicaciones, analizadas individualmente, son las siguientes:

ASISTENCIA COVID-19 [18]
Técnica: ML basado en procesamiento de lenguaje natural
Tipo de usuario(s): Posibles pacientes
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> • Realiza una autoevaluación de los síntomas de la COVID-19. • Informa del procedimiento posterior que el usuario debe seguir en caso de contagio. • Reduce el número de llamadas al servicio de emergencias. • Realiza una estimación de un triaje inicial. • Seguimiento de las Autoridades Sanitarias.

HEALTHTAP [46]
Técnica: AI y ML basado en procesamiento de lenguaje natural
Tipo de usuario(s): Posibles pacientes
Funcionalidad: <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de atención de urgencia y primaria en tiempo real. • Realiza un diagnóstico previo a consulta. • Realiza una estimación de un triaje inicial.

MEDIKTOR [19]

Técnica:

AI y ML basado en procesamiento de lenguaje natural

Tipo de usuario(s):

Posibles pacientes

Funcionalidad:

- Asistente médico.
- Realiza un diagnóstico previo a consulta.
- Realiza una estimación de un triaje inicial.
- Informa del procedimiento posterior que el usuario debe seguir en caso de enfermedad grave.

MEDIT [47]

Técnica:

ML basado en procesamiento de lenguaje natural

Tipo de usuario(s):

Profesionales sanitarios

Funcionalidad:

- Análisis del estado del arte del mejor contenido médico.
- Rastrea en PubMed y otros motores médicos.
- Comparte y discute sobre las lecturas, investigaciones y noticias más útiles.

NABTA HEALTH [48]

Técnica:

AI

Tipo de usuario(s):

Pacientes, principalmente mujeres

Funcionalidad:

- Ofrece atención médica digital y tradicional.
- Mejora el tratamiento ya que aprende con la información que introduce el usuario.

REDIVUS HEALTH [20]

Técnica:

AI basada en protocolos en evidencia

Tipo de usuario(s):

Profesionales sanitarios

Funcionalidad:

- Sistema de apoyo en la toma de decisiones clínicas en tiempo real.
- Evita que los profesionales médicos cometan errores en datos médicos o casos de vital urgencia.

SEEING AI [21]

Técnica:

ML basado en procesamiento de imágenes, de lenguaje natural, conversión de texto a audio y reconocimiento visual

Tipo de usuario(s):

Pacientes con discapacidad visual

Funcionalidad:

- Ayuda a personas con problemas de visión a realizar más de 20 millones de tareas diferentes.
- Lectura de textos cortos, reconocimiento de documentos, identificación de personas, escaneo del código de barras, nombre del color percibido en objetos, detectar la cantidad de luz en el entorno.

SKINAPP [49]

Técnica:

ML basado en procesamiento de imágenes

Tipo de usuario(s):

Profesionales sanitarios principalmente dermatólogos

Funcionalidad:

- Realiza un seguimiento del paciente.
- Refuerza la detección precoz de lesiones dermatológicas evolutivas.
- Ayuda en la toma de decisiones clínicas.
- Evita que los médicos cometan errores en el diagnóstico de dichas lesiones evolutivas.
- Informa del procedimiento posterior que el sanitario debe seguir.

TIDDA ODEN [50]
<p>Técnica:</p> <p>AI basado en monitoreo diario de los síntomas</p>
<p>Tipo de usuario(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posibles pacientes • Personal sanitario
<p>Funcionalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ofrece apoyo a las personas con riesgo de padecer enfermedades respiratorias durante la pandemia COVID-19. • Médicos voluntarios cuidan de forma remota a los posibles pacientes.

TOK MEDICINE [51]
<p>Técnica:</p> <p>ML basado en procesamiento de lenguaje natural</p>
<p>Tipo de usuario(s):</p> <p>Personal sanitario</p>
<p>Funcionalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis del estado del arte del mejor contenido médico. • Crea espacios digitales para realizar discusiones clínicas y grupos de trabajo, resolución de casos inter-consulta, espacios para mantenerse al día y comunicación entre expertos de centros de referencia.

Tabla 12. Características funcionales de las apps de App Store. [Fuente: propia]

3.4.2. Aplicaciones obtenidas en Google Play

Al igual que se ha mencionado con Apple, Google ofrece a los desarrolladores un conjunto de librerías denominado Kit ML. Este modelo es sencillo de usar e integra aprendizaje automático. Esto permite que las aplicaciones que desarrollan sean más atractivas, personalizadas y útiles, de tal forma que ofrezcan soluciones optimizadas. [22]

Las funcionalidades que esta herramienta posee se dividen principalmente en dos grandes grupos, Visión y Lenguaje natural, dentro de ellas se encuentran más opciones, que son las recogidas en la siguiente imagen.



Ilustración 18. Esquema de funcionalidad de ML Kit (Traducción propia). [23]

De acuerdo con este modelo y la metodología seguida para la elección, las características de las aplicaciones incluidas en este trabajo de revisión sistemática se encuentran recogidas en la siguiente tabla.

Nombre de la app	Estado de salud	Tamaño	Versión y SO compatible	Idioma(s)	¿Registro en la app?
Asistencia COVID-19 [18]	COVID-19	5,4 MB	1.3.1, Android 6.0 y posteriores	4, entre ellos, español e inglés	Sí
HealthTap [46]	Múltiple	25 MB	21.2, Android 4.2 y posteriores	Español e inglés	Sí, a mayores de abonar una cuota mensual
MDCalc [24]	Decisión clínica	57 MB	3.3.8, Android 4.4 y posteriores	Inglés	Sí, a mayores de abonar una cuota mensual

Mediktor [19]	Múltiple	43 MB	5.7.11, Android 5.0 y posteriores	9, entre ellos, español e inglés	No es obligatorio
Medit [47]	Búsqueda de material clínico	5.7 MB	1.52, Android 5.0 y posteriores	Inglés	Sí
Nabta Health [48]	Múltiple	34 MB	2.3, Android 4.1 y posteriores	Inglés y árabe	Sí
Redivus Health [20]	Múltiple	37 MB	5.4.43, Android 4.1 y posteriores	Inglés	Sí
Tidda ODEM [50]	COVID-19	26 MB	1.0.8, Android 5.0 y posteriores	Alemán e inglés	Sí
Tok Medicine [51]	Búsqueda de material clínico	45 MB	2.0.15, Android 6.0 y posteriores	Español e inglés	Sí
+WoundDesk [52]	Cura de heridas	10 MB	1.7, Android 4.1 y posteriores	Inglés	Sí

Tabla 13. Características principales de las apps de Google Play. [Fuente: propia]

El dispositivo móvil que se va a utilizar para probar las aplicaciones de Google Play es un Realme 7 5G con sistema operativo Android 10. Como en el subapartado anterior ya se probaron 8 de las 10 aplicaciones que aparecen en la anterior tabla, únicamente se probará con este dispositivo las aplicaciones *MDCalc*, *+WoundDesk*.

Las principales funcionalidades de estas 2 aplicaciones, estudiadas individualmente, son las siguientes:

MDCALC [24]
<p>Técnica:</p> <p>ML basado en procesamiento de lenguaje natural</p>
<p>Tipo de usuario(s):</p> <p>Profesional sanitario</p>
<p>Funcionalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Herramienta que ayuda en la toma de decisiones clínicas. • Abarca más de 150 enfermedades de 35 especialidades. • Evita que los profesionales médicos cometan errores en datos médicos o casos de vital urgencia.

+WOUNDDESK [52]
<p>Técnica:</p> <p>ML basado en procesamiento de imágenes</p>
<p>Tipo de usuario(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pacientes • Proveedores de cuidados de heridas • Profesional sanitario
<p>Funcionalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema que realiza una medición automatizada de las heridas mediante imágenes. • Analiza eficazmente el resultado de curación de los pacientes. • Ayudar en la detección de complicaciones de forma temprana y realiza una estimación de un triaje inicial.

Tabla 14. Características funcionales de las apps de Google Play. [Fuente: propia]

Capítulo 4. Discusión

A partir de los resultados obtenidos en la revisión de la literatura y de las plataformas de aplicaciones comerciales, se plantea lo siguiente.

En primer lugar, en la revisión de la literatura se examinaron un total de 105 artículos científicos de las diferentes bases de datos, para dar con las 20 investigaciones acertadas. El 35% (7/20) fueron extraídas principalmente de la plataforma Science Direct. Estos estudios, además, se clasificaron en 7 categorías, entre las que destacaron el 20% (4/20) para la investigación acerca del servicio médico y/o servicio de emergencia y otro 20% (4/20) para sistemas automatizados para las decisiones clínicas.

En estos artículos se pudo observar que la inteligencia artificial y el aprendizaje automático cada vez son más aplicables en la atención médica. Pero, a pesar de este incremento de su uso, como se ha comentado en alguno de los artículos, sigue habiendo preocupaciones y retos importantes entorno a la confianza y la seguridad del paciente, sobre todo en los servicios de salud digital. Una de estas principales preocupaciones que surge en los pacientes, es saber hasta qué punto es seguro que una máquina adopte las habilidades de un ser humano, además de mantener protegida su privacidad y que, por un error informático, sus datos no se expongan de manera pública.

Por otro lado, durante la revisión comercial, se examinaron un total de 201 aplicaciones móviles, donde finalmente, se escogieron 12 de ellas. Se clasificaron en 5 grupos, de los cuales el 25% (3/12) profundizan en la atención médica prehospitalaria y otro 25% (3/12) en la ayuda a la toma de decisiones clínicas. Además, el 50% (6/12) de ellas, utilizan técnicas de ML basado en procesamiento de lenguaje natural, ya que la mayoría de las apps hacen uso de asistentes virtuales o búsquedas avanzadas para que, posteriormente, el sistema aprenda de las necesidades del usuario.

Si bien es sabido, en la salud móvil, las aplicaciones móviles, como las estudiadas en el capítulo anterior, tienen acceso a los datos personales con los que el usuario interactúa. Esto no supone un problema del todo grave ya que existe una alta probabilidad que en los próximos años el uso de AI, a través del aprendizaje profundo y automático, se integre cada vez más en la medicina de emergencia y no vean esto como un impedimento, debido a que se abordarán todos los posibles problemas que hoy en día no se han profundizado con detalle.

Los artículos encontrados en la revisión de la literatura se centran en un estudio teórico y de medicina de emergencia generalizada, ofreciendo como visión final, un modelo de predicción basado en ML con el objetivo de simplificar y ayudar al personal sanitario y detectar las enfermedades.

Del mismo modo ocurre con las aplicaciones comerciales, donde, alguna de las estudiadas se concluye que están diseñadas para el uso clínico y ayudar enormemente al personal sanitario en la toma de decisiones clínicas. Otras en cambio, simplemente sirven para orientar al usuario antes de consultar a un experto de forma física y reducir, por ejemplo, el colapso en urgencias.

Contrastando las citas encontradas en la revisión literaria con las aplicaciones de la revisión de aplicaciones comerciales, la búsqueda que se realizó sobre aplicaciones móviles basadas en ML en la revisión de la literatura, dio muy pocos resultados en comparación con la revisión comercial, lo cual lleva a pensar que el desarrollo de aplicaciones mHealth tiene más una motivación económica y comercial que de investigación. [1]

4.1. Ventajas y oportunidades

Conocidas las diferentes funcionalidades que ofrecían las aplicaciones en el ámbito de las emergencias sanitarias y la acogida e implantación en los servicios de salud, se recogen diferentes beneficios.

- **Optimización** de la eficiencia en los servicios del sistema sanitario, facilitando el trabajo del personal sanitario y reduciendo así sus costes.
 - Este modelo **permite predecir** los ingresos de emergencia en hospitales y ayudar a los sanitarios a monitorear con precisión los riesgos que afrontan los pacientes. [26]
 - **Establecer medidas** para evitar las admisiones que no están planificadas y que producen un alto gasto médico. [26]
- **Predicción precoz** y reducción de falsas alarmas.
 - Muchos de los posibles pacientes evitarán acudir al centro sanitario ya que, haciendo uso de apps de salud móvil basadas en ML, existirá un paciente más informado, que además seguirá las

indicaciones del tratamiento a seguir y, por tanto, se evitará en muchos casos un colapso médico [26]. *Ej. Uso para enfermedades como COVID-19.*

- Además, se mejora el seguimiento ya que se recogerá información sobre dichos pacientes y será registrada en el historial clínico electrónico, de esta manera, se mejora el sistema de triaje inteligente y ayuda a los médicos en la clasificación de pacientes.
- **Disminución de la carga** de trabajo al personal médico, dando la oportunidad a que dichos profesionales no se saturen mentalmente y pueda llevar a cometer errores de vital importancia.
- **Análisis de exactitud** elevada en tiempo récord.

De acuerdo con la Asociación de Investigadores en eSalud (AIES), las ventajas que estas aplicaciones móviles poseen se recogen en las “5P”: preventiva, personalizada, predictiva, participativa y poblacional.

4.2. Inconvenientes y limitaciones

En vista de las investigaciones existentes, se extraen como limitaciones:

- **Falta de disponibilidad** de medios técnicos en muchos de los servicios de emergencias.
- **Necesidad de realizar más progresos** puesto que es necesario realizar más de estos estudios y ensayos analizados para poder dar una conclusión clara sobre la eficacia que presenta este modelo de aprendizaje automático.
- En cuanto al uso de las aplicaciones móviles se refiere, **introducción por completo en la sociedad** basándose en una serie de criterios funcionales, como la coordinación y uniformidad de todos los sistemas que acceden a los datos.
- **Establecimiento de criterios de seguridad** con respecto al manejo y privacidad de dichos datos.

Capítulo 5. Consideraciones finales y líneas futuras

5.1. Conclusiones

Gracias a la aparición de dispositivos y aplicaciones de salud móvil, que pueden utilizar datos y evaluar la salud a tiempo real del paciente, el ML es una tendencia que se encuentra en crecimiento en la industria de atención a la salud.

La tecnología permite ayudar a los expertos en sanidad, analizar para identificar casos que puedan llevar a diagnóstico y tratamientos mejorados. Reducirá los tiempos de diagnóstico. Agilizará la atención inmediata a pacientes. Los tratamientos serán optimizados y mejorados.

Existe una alta probabilidad de que las capacidades de la tecnología de ML sean mejoradas con el paso del tiempo.

La integración de esta tecnología en la práctica médica beneficiará al personal médico, a los pacientes y al público en general y nos llevará a lograr una atención médica de mayor calidad.

5.2. Líneas Futuras

En este último subapartado se recoge una visión futura en líneas de investigación de lo desarrollado en este trabajo de revisión de alcance.

Se estima que, en un futuro próximo, haciendo uso de la AI y sus subcampos, se pueda emplear sistemas complejos de puntuación algorítmicos que usen diferentes variables con el objetivo de predecir las tasas de diagnóstico, readmisión y mortalidad. Como ya se ha mencionado en las ventajas que este modelo puede poseer en los servicios de emergencias sanitarias, se espera que pueda desempeñar un papel muy importante en la mejora de la clasificación de triaje y/o la predicción de diagnóstico. [3]

A través del ML, se espera que el análisis en grandes cantidades se automatice aún más de lo que actualmente se conoce. En estos años de pandemia, surge la necesidad de analizar los datos de manera más eficiente, tanto si se habla de datos derivados de rastreo de virus, como si se habla del análisis de la literatura médica que se ha ido generando y

que se ha recogido a lo largo de este TFG, el uso de mecanismos de AI y ML serán la clave para realizar una gestión eficiente de la salud global. [27]

La necesidad de un nuevo modelo sanitario basado en la agilidad, la interconexión entre centros y el intercambio de experiencias profesionales, ha quedado patente en la gestión de la COVID-19 y han de ser las técnicas de AI y ML las herramientas que se utilicen para lograr el deseado y mejorado modelo de la salud de emergencias.

Se prevé, del mismo modo, nuevos desarrollos que podrán ser aplicados a otras industrias, ya que se ha podido estudiar como el mercado de AI está creciendo masivamente y que según datos estadísticos de NVIDIA eso continúe al menos en la próxima década.

Para finalizar, se recogen en la siguiente gráfica una predicción, de los ingresos mundiales que se espera tener hasta 2025 debido al uso de AI y ML, según Statista un portal de estadística para datos de mercado.

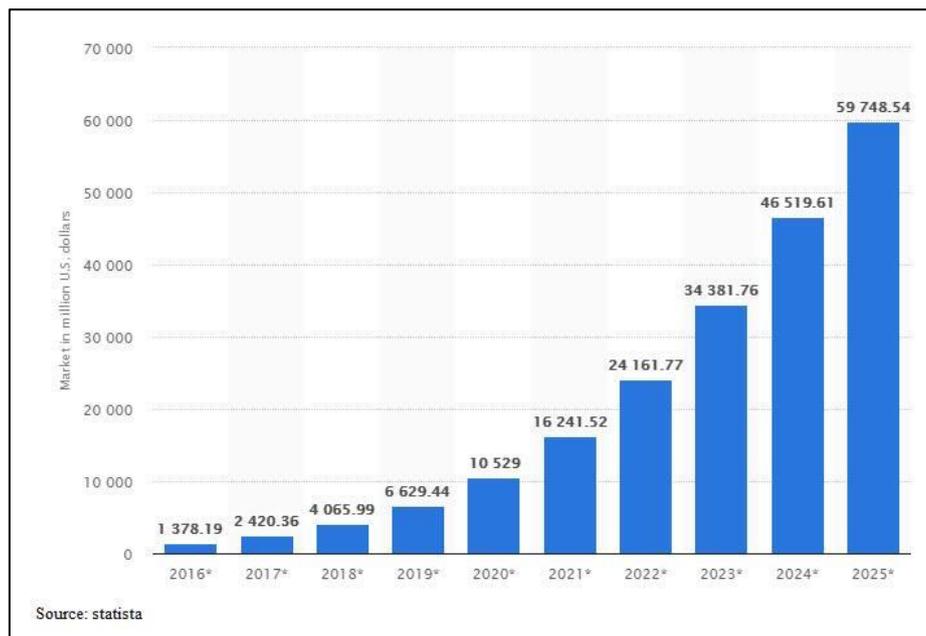


Ilustración 19. Previsión de ingresos mundiales con el uso de AI y ML. [28]

Bibliografía y Referencias

- [1] Martínez-Pérez B., de la Torre-Díez I., López-Coronado M., “Mobile Health Applications for the Most Prevalent Conditions by the World Health Organization: Review and Analysis” en *Journal Medical Internet Research*, vol.15, no. 6, 14 de junio de 2013, DOI: 10.2196/jmir.2600.
- [2] Tricco AC, Lillie E, Zarin W y col. “PRISMA Extensio for Scoping Reviews (PRISMA - ScR): checklist and explanation”, en *National Library of Medicine*, 2 de octubre 2018, DOI: 10.7326/M18-0850, PMID 30178033.
- [3] Jian Wei Tang K., Ke En Ang C., Constantinides T., Rajinikanth V., Rajendra Acharya U., Hao Cheong K., “Artificial Intelligence and Machine Learning in Emergency Medicine” en *Elsevier Connect*, vol.41, no.1, marzo de 2021.
- [4] Krittanaworg C, “The rise of artificial intelligence and the uncertain futur for physicians” en *European Journal of Internal Medicine*, vol 48, febrero de 2018, DOI: 10.1016/j.ejim.2017.06.017.
- [5] Li H, Zhang T, Chi H, Chen Y, Li Y, Wang J, “Mobile health in China: Current status and future development”, en *Asian Journal of Psychiatry*, vol 10, agosoto de 2014, DOI: 10.1016/j.ajp.2014.06.003.
- [6] “¿Somos conscientes de los retos y principales aplicaciones de la Inteligencia Artificial?”, en *Iberdrola*, 30 de abril de 2020. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-inteligencia-artificial>
- [7] “Descubre los principales beneficios del ‘Machine Learning’”, en *Iberdrola*, 14 de febrero 2019. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/innovacion/machine-learning-aprendizaje-automatico>
- [8] Muralitharan S, Nelson W, Di S, McGillion M, Devereaux P, Barr N, Petch J, “Machine Learning–Based Early Warning Systems for Clinical Deterioration: Systematic Scoping Review” en *Journal Medical Internet Research*, vol 23, no.2, febrero de 2021, DOI: 10.2196/25187.
- [9] “Definition of Emergency Medicine and the Emergency Physician”, en *American Colleg of Emergency Physicians*, marzo de 1986.

- [10] Stewart J, Sprivulis P, Dwivedi G. “Artificial intelligence and machine learning in emergency medicine”, en *Emerg Med Australas*. 16 de julio de 2018, DOI: 10.1111/1742-6723.13145, PMID: 30014578.
- [11] García, J, “Este es el estado actual de la inteligencia artificial a nivel mundial, según el AI Index Report 2019” en *Xataka*, 13 de diciembre de 2019.
- [12] Kirubarajan A., Taher A., Khan S., Masood S., “Artificial intelligence in emergency medicine: A scoping review” en *Journal American College Emergency Physicians Open*, 7 de noviembre de 2020, DOI: 10.1002/emp2.12277. PMID: 33392578; PMCID: PMC7771825.
- [13] Waleed Salehi A, Baglat P, Gupta G. “Review on machine and deep learning models for the detection and prediction of Coronavirus.” en *Mater Today Proc*, 23 de junio de 2020, DOI: 10.1016/j.matpr.2020.06.245. PMID: 32837918; PMCID: PMC7309744.
- [14] Lalmuanawma S., Hussain J., Chhakchhuak L, “Applications of machine learning and artificial intelligence for Covid-19 (SARS-CoV-2) pandemic: A review” en *Chaos, Solitons & Fractals*, vol.139, octubre 2020, ISSN 0960-0779.
- [15] J. Heard et al., "Automatic Clinical Procedure Detection for Emergency Services," 2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), Berlin, Germany, 2019, pp. 337-340, DOI: 10.1109/EMBC.2019.8856281.
- [16] Alsuliman T, Humaidan D, “Machine learning and artificial intelligence in the service of medicine: Necessity or potentiality?” en *Science Direct*, vol.68, no.4, noviembre 2020, DOI: 10.1016.
- [17] “Apple Developer Documentation” en *Apple Developer*. Disponible en: <https://developer.apple.com/documentation/coreml>
- [18] C., J, “Así es Asistencia COVID-19 la APP del Gobierno para la segunda ola”, en *Moncloa*, 8 de mayo de 2020. Disponible en: <https://www.moncloa.com/2020/05/08/asistencia-covid-19-app-gobierno/>
- [19] Teckel Medical S.L., “Mediktor App” en *Mediktor Corporation*, 2011. Disponible en: <https://www.mediktor.com/es>

- [20] Redivus Health LLC, “Redivus Health App”, en *Redivus Health Website*, 12 de noviembre de 2020. Disponible en: <https://redivus.com/>
- [21] Microsoft Corporation, “Seeing AI App” en *Microsoft*, julio de 2017. Disponible en: <https://www.microsoft.com/en-us/ai/seeing-ai>
- [22] Prins, C., “On-device machine learning solutions with ML Kit, now even easier to use” en *Android Developers Blog*, 23 de junio de 2020. Disponible en: <https://android-developers.googleblog.com/2020/06/mlkit-on-device-machine-learning-solutions.html>
- [23] “ML Kit” en *Google Developer*. Disponible en: <https://developers.google.com/ml-kit>
- [24] MD Aware, LLC, “MDCalc - Medical calculators, equations, scores, and guidelines app” en *MDCalc*, 2005. Disponible en: <https://www.mdcalc.com/>
- [25] School, T., “Aplicaciones de la inteligencia artificial en medicina” en *Tokio School*, 5 de junio de 2020. Disponible en: <https://www.tokioschool.com/noticias/aplicaciones-inteligencia-artificial-medicina/>
- [26] “Ventajas y asignaturas pendientes de las apps en el sector salud” en *Elsevier Connect*, 12 de julio de 2018. Disponible en: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/ehealth/ventajas-y-asignaturas-pendientes-de-las-apps-en-el-sector-salud>
- [27] Latam T., “Inteligencia Artificial y Machine Learning: Claves del crecimiento” en *TOVS Blog*, 25 de enero de 2021. Disponible en: <https://es.totvs.com/blog/inteligencia-artificial-y-machine-learning-claves-del-crecimiento/>
- [28] Alonso Ruiz D., “El crecimiento de la inteligencia artificial que genera NVIDIA” en *Gestión*, 15 de febrero de 2018. Disponible en: <https://gestion.pe/blog/analizandotusinversiones/2018/02/el-crecimiento-de-la-inteligencia-artificial-que-genera-nvidia.html/?ref=gesr>
- [29] 1&1 IONOS España S.L.U. “Deep learning vs. machine learning” en *IONOS Digitalguide*, 22 de marzo de 2021. Disponible en: <https://www.ionos.es/digitalguide/online-marketing/marketing-para-motores-de-busqueda/deep-learning-vs-machine-learning/>

- [30] Meneses-Echávez, J. F., González-Jiménez, E., Correa-Bautista, J. E., Valle, J. S. R., & Ramírez-Vélez, R., “Effectiveness of physical exercise on fatigue in cancer patients during active treatment: A systematic review and meta-analysis”, en *ResearchGate*, vol. 31, no. 4, pp. 667–681, mayo de 2015, DOI:10.1590/0102-311x00114414.
- [31] Martínez-Pérez, B., de la Torre-Díez, I., López-Coronado, M., & Herreros-González, J., “Mobile Apps in Cardiology: Review”, en *Journal Medical Internet Research mhealth and uhealth*, vol.1, no. 2, 24 de julio de 2013, DOI: 10.2196/mhealth.2737.
- [32] Krämer, J., Schreyögg, J., & Busse, R., “Classification of hospital admissions into emergency and elective care: a machine learning approach.” en *Health Care Management Science*, vol. 22, no. 1, pp.85–105, 25 de noviembre de 2017, DOI: 10.1007/s10729-017-9423-5.
- [33] Nuntalid N., Richards D., "Poster: Machine Learning for Predicting Emergency Medical Incidents that Need an Air-ambulance", en IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC), pp. 1-2, 16 de julio de 2020, DOI: 10.1109/VL/HCC50065.2020.9127266.
- [34] Naseer Qureshi, K., Din, S., Jeon, G., & Piccialli, F., “An accurate and dynamic predictive model for a smart M-Health system using machine learning.”, en *Information Sciences*, vol. 538, pp. 486–502, octubre de 2020, DOI: 10.1016/j.ins.2020.06.025.
- [35] Cabitza, F., Campagner, A., Ferrari, D., Di Resta, C., Ceriotti, D., Sabetta, E., Colombini, A., De Vecchi, E., Banfi, G., Locatelli, M., & Carobene, A., “Development, evaluation, and validation of machine learning models for COVID-19 detection based on routine blood tests.”, en *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, vol. 59, no. 2, pp. 421–431, 4 de octubre de 2020, DOI: 10.1515/cclm-2020-1294.
- [36] Paramita S., Das Bebartta H., Pattanayak P., “IoT based healthcare monitoring system using 5G communication and Machine learning models”, en *SpringerLink*, vol.932, 31 de enero de 2021, DOI: 10.1007/978-981-15-9735-0_9
- [37] Mun, S.K. Wong, K.H.,Lo, S.-C.B.,Li, Y.,Bayarsaikhan, S., “Artificial Intelligence for the Future Radiology Diagnostic Service” en *Scopus*, vol. 7, no. 614258, 28 de enero de 2021, DOI: 10.3389 / fmolb.2020.614258
- [38] Garg A., Mago V., “Role of machine learning in medical research: A survey”, en *Science Direct*, vol.40, mayo de 2020, DOI: 10.1016

- [39] Shafaf, N., Malek H., “Applications of Machine Learning Approaches in Emergency Medicine; a Review Article” en *Archives of Academi Emergency Medicine*, vol.7, no.1 pp. 34, 3 de junio de 2019
- [40] S. Badgular y AS Pillai., “Fall Detection for Elderly People using Machine Learning” en *IEEE Xplorer*, 2 de julio de 2020, DOI: 10.1109
- [41] Enamandram S., Sandhu E., H.Do B., Reicher J.J., Beaulieu C.F., “Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Musculoskeletal Imaging” en *Science Direct*, vol. 39, pp.164-169, febrero de 2019, DOI:10.1016
- [42] Kamruzzama M.M., “Architecture of Smart Health Care System Using Artificial Intelligence” en *IEEE Xplorer*, pp.1-6, 2020, DOI: 10.1109/ICMEW46912.2020.9106026
- [43] Baig M.M., “Machine Learning-based Risk of Hospital Readmissions: Predicting Acute Readmissions within 30 Days of Discharge” en *IEEE Xplorer*, pp. 2178-2181, 2019, DOI: 10.1109 / EMBC.2019.8856646.
- [44] NF Tripti, A. Farhad, W. Iqbal y HU Zaman, “SaveMe: A Crime Deterrent Personal Safety Android App with a Bluetooth Connected Hardware Switch” en *IEEE Xplorer*, pp..23-26, 4 de agosto de 2018, DOI: 10.1109 / ICSGRC.2018.8657489.
- [45] Schwartz JM, Moy AJ, Rossetti SC, Elhadad N, Cato KD, “Clinician involvement in research on machine learning-based predictive clinical decision support for the hospital setting.” en *National Library of Medicine*, vol. 28, no. 3, pp. 653-663, 1 de marzo de 2021, DOI: 10.1093 / jamia / ocaa296.
- [46] “Health Tap App” en *+HealthTap*. Disponible en: <https://www.healthtap.com/resources/how-healthtap-works/>
- [47] “Medit App” en *Medit*. Disponible en: <https://medit.online/>
- [48] “Nabta Health App” en *Nabta Health*. Disponible en: <https://nabtahealth.com/our-platform/nabta-app/>
- [49] “SkinApp” en *Anapix Medical*. Disponible en: <https://anapix-medical.com/service/skinapp-standard/>
- [50] “Tidda Odem App” en *Tidda Care*. Disponible en: <https://tidda.care/odem>
- [51] “Tok Medicine App” en *Tok Medicine*. Disponible en: <https://tokmedicine.com/home/>

[52] “+WoundDesck App” en WounDesk. Disponible en: <https://wounddesk.com/>

Apéndices

Anexo A. Artículos de información potencial

En esta tabla se recogen los artículos de información potencial escogidos en la fase de elegibilidad mencionado en el *Capítulo 2.1*.

Título del documento	Autor(es) y Fecha	Motor de Búsqueda	¿Descartado?
“Applications of machine learning and artificial intelligence for Covid-19 pandemic:”	Samuel Lalmuanawma, Jamal Hussain, Lalrinfela Chhakchhuak. 2021	Google Scholar	Sí. (artículo más completo en otra plataforma)
“Applications of Machine Learning Approaches in Emergency Medicine; a Review Article”	Negin Shafaf, Hamed Malek. 2019	Google Scholar	No
“Leveraging Digital Health and Machine Learning Toward Reducing Suicide— From Panacea to Practical Tool”	John Torous, Rheeda Walker. 2019	Google Scholar	Sí
“Classification of hospital admissions into emergency and elective care: a machine learning approach”	Jonas Krämer, Jonas Schreyögg, Reinhard Busse. 2019	Google Scholar	No
“Artificial intelligence in emergency medicine”	Nan Liu, Zhongheng Zhang, Andrew Fu Wah Ho, Marcus Eng Hock Ong. 2018	Google Scholar	Sí
“Machine Learning for Predicting Emergency Medical Incidents that Need an Air-ambulance”	N. Nuntalid and D. Richards. 2020	IEEE Xplore	No
"Fall Detection for Elderly People using Machine Learning"	S. Badgular y AS Pillai. 2020	IEEE Xplore	No
"Architecture of Smart Health Care System Using Artificial Intelligence"	M. M. Kamruzzaman. 2020	IEEE Xplore	No

"Machine Learning-based Risk of Hospital Readmissions: Predicting Acute Readmissions within 30 Days of Discharge"	M. M. Baig. 2019	IEEE Xplore	No
"Automatic Clinical Procedure Detection for Emergency Services"	J. Heard. 2019	IEEE Xplore	No
"SaveMe: A Crime Deterrent Personal Safety Android App with a Bluetooth Connected Hardware Switch"	Ferdous Tripti N., Farhad, Wasim Iqbal A., Zaman H. 2018	IEEE Xplore	No
"Using Machine Learning Algorithms in Medication for Cardiac Arrest Early Warning System Construction and Forecasting"	H. Chang, C. Wu, J. Liu y JR Jang. 2018	IEEE Xplore	Sí
"Catching Zika Fever: Application of Crowdsourcing and Machine Learning for Tracking Health Misinformation on Twitter"	A. Ghenai and Y. Mejova. 2017	IEEE Xplore	Sí
" The monitoring system of Business support system with emergency prediction based on machine learning approach"	J. Chen, C. Huang y C. Cheng. 2016	IEEE Xplore	Sí
"Clinician involvement in research on machine learning-based predictive clinical decision support for the hospital setting: A scoping review"	Schwartz JM, Moy AJ, Rossetti SC, Elhadad N, Cato KD. 2021	PubMed	No

“Machine Learning-Based Early Warning Systems for Clinical Deterioration: Systematic Scoping Review”	Muralitharan S, Nelson W, Di S, McGillion M, Devereaux PJ, Barr NG, Petch J. 2021	PubMed	No
“Artificial Intelligence in the Fight Against COVID-19: Scoping Review”	Abd-Alrazaq A, Alajlani M, Alhuwail D, Schneider J, Al-Kuwari S, Shah Z, Hamdi M, Househ M. 2020	PubMed	Sí
“Artificial intelligence in emergency medicine: A scoping review”	Kirubarajan A, Taher A, Khan S, Masood S. 2020	PubMed	Sí
“A new era: artificial intelligence and machine learning in prostate cancer”	Goldenberg SL, Nir G, Salcudean SE. 2019	PubMed	Sí
“Artificial intelligence and machine learning in emergency medicine”	Stewart J, Sprivulis P, Dwivedi G. 2018	PubMed	No
“Artificial Intelligence and Machine Learning in Emergency Medicine”	Kenneth Jian Wei Tang, Candice Ke En Ang, Theodoros Constantinides, V. Rajinikanth, U. Rajendra Acharya, Kang Hao Cheong. 2021	ScienceDirect	No
“Role of machine learning in medical research: A survey”	Arunim Garg, Vijay Mago. 2021	ScienceDirect	No
“Machine learning and artificial intelligence in the service of medicine: Necessity or potentiality?”	TamimAlsuliman.2020	ScienceDirect	No

“An accurate and Dynamic predictive model for a Smart M-Health system using machine learning”	Naseer Qreshi K, Din S, Jeon G. 2020	ScienceDirect	No
“Review on machine and deep learning models for the detection and prediction of Coronavirus”	Ahmad Waleed, Salehi Preety Baglat, Gaurav Gupta. 2020	ScienceDirect	No
“Artificial Intelligence and Machine Learning Applications in Musculoskeletal Imaging”	Sheila Enamandram, Emir Sandhu, Bao H.Do, Joshua J.Reicher, Christopher F.Beaulieu. 2019	ScienceDirect	No
“Applications of machine learning and artificial intelligence for Covid-19 (SARS-CoV-2) pandemic: A review”	Samuel Lalmuanawma, Jamal Hussain, Lalrinfela Chhakchhuak. 2021	ScienceDirect	No
“Artificial Intelligence and Machine Learning in Emergency Medicine”	Kenneth Jian Wei Tang, Candice Ke En Ang, Theodoros Constantinides, V. Rajinikanth, U. Rajendra Acharya, Kang Hao Cheong. 2021	Scopus	Sí. (artículo más completo en otra plataforma)
“IoT based healthcare monitoring system using 5G communication and Machine learning models”	Paramita, S., Bebartta, H. N. D., & Pattanayak, P. 2021	Scopus	No
“Artificial Intelligence for the Future Radiology Diagnostic Service”	Mun, S.K. Wong, K.H.,Lo, S.-C.B.,Li, Y.,Bayarsaikhan, S. 2021	Scopus	No

<p>“Development, evaluation, and validation of machine learning models for COVID-19 detection based on routine blood tests”</p>	<p>Cabitzza, F., Campagner, A., Ferrari, D., Di Resta, C., Ceriotti, D., Sabetta, E., Colombini, A., De Vecchi, E., Banfi, G., Locatelli, M., Carobene, A. 2021</p>	<p>Scopus</p>	<p>No</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------	-----------

Tabla 15. Artículos recopilados de la revisión literaria

Anexo B. Aplicaciones móviles de información potencial

En esta tabla se recogen las aplicaciones móviles de información potencial escogidas mediante el criterio mencionado en el *Capítulo 2.2*.

Nombre de la App	Empresa y valoración	Motor de búsqueda	Categoría	¿Descartada?
“Withings Health Mate”	Withings. 4,5 estrellas	App Store	Salud y forma física	Sí
“Seeing AI”	Microsoft Corporation. 3.9 estrellas	App Store	Discapacidad visual	No
“Aura: Meditation & Sleep”	Aura Health, Inc. 4,7 estrellas	App Store	Salud y bienestar	Sí
“Ada – check your health“	Ada Health. 4,8 estrellas	App Store	Medicina	Sí
“Youper: Self-Guided Therapy“	Youper, Inc. 4,9 estrellas	App Store	Medicina	Sí
“Sleep Watch by Bodymatter”	BodyMatter, Inc. 4,7 estrellas	App Store	Salud y forma física	Sí
“SkinApp”	Anapix Medical	App Store	Salud y forma física	No
“MedikTor – Comprador de síntomas”	Teckel Medical SL. 4,7 estrellas en App Store y 3,7 en Google Play	App Store y Google Play	Medicina	No
“Medit”	Medit. 4,9 estrellas en App Store	App Store y Google Play	Medicina	No
“Nabta Health”	Nabta Health. 5 estrellas en App Store y 4 en Google Play	App Store y Google Play	Salud y forma física	Sí

“Redivus Health”	Redivus Health. 5 estrellas en App Store y 3,2 en Google Play	App Store y Google Play	Medicina	No
“Tok Medicine”	Navadu Technologies, SL. 5 estrellas en App Store	App Store y Google Play	Medicina	No
“Asistencia COVID-19”	Ministerio de Asuntos Económicos y Transf. Digital Salud y Bienestar. 3,6 en App Store y 3,2 en Google Play	App Store y Google Play	Salud y bienestar	No
“HealthTap”	HealthTap. 4,5 en App Store y 4,4 en Google Play	App Store y Google Play	Medicina	No
“AI HEALTH”	AiHealth Joint Stock Company. 4 estrellas	Google Play	Salud y bienestar	Sí
“Tidda Odem”	Zana Technologies GmbH	App Store y Google Play	Salud y forma física	No
“ai.Health”	AIH, LLC. 2,8 estrellas	Google Play	Salud y bienestar	Sí
“+WoundDesk - Wound care”	digitalMedLav GmbH. 3,7 estrellas	Google Play	Medicina	No
“Colmedica”	Proximate Apps, Inc. 3,7 estrellas	Google Play	Medicina	Sí
“Lili - AI assistant for your health”	Ai assistant lili. 5 estrellas	Google Play	Salud y bienestar	Sí
“AI Doctor”	AiHealth Joint Stock Company. 4 estrellas	Google Play	Salud y bienestar	Sí
“BetterHealth”	MHC Medical Network. 2 estrellas	Google Play	Salud y bienestar	Sí

“Google Health Studies”	Google LLC. 4,2 estrellas	Google Play	Salud y bienestar	Sí
“HealthTap”	HealthTap. 4,5 estrellas	Google Play	Medicina	No
“myHEALTH WATCHER - Comer sano, analiza productos”	myHW App from Cube Technology. 4 estrellas	Google Play	Salud y bienestar	Sí
“ESDiagnóstico y tratamiento”	Progressive Programming. 4,6 estrellas	Google Play	Medicina	Sí
“mHealth.ai”	Steering Lives. 3,5 estrellas	Google Play	Salud y bienestar	Sí
“MDCalc”	MD Aware, LLC. 4,8 estrellas	Google Play	Medicina	No
“EmERGE mHealth 3.0”	EmERGE mHealth Ltd. 4,5 estrellas	Google Play	Salud y bienestar	Sí
“Path Finder”	Bottle Rocket. 4 estrellas	Google Play	Herramientas	Sí
“Snore and Cough: Detect and record snore and cough”	Vimo Labs. 3,5 estrellas	Google Play	Salud y bienestar	Sí
“Stila Stress Tracking and Monitoring”	Yingding Wang. 3 estrellas	Google Play	Salud y bienestar	Sí
“Visión Aipoly”	V7 Ltd. 3 estrellas	Google Play	Herramientas	Sí

Tabla 16. Apps recopiladas de la revisión de aplicaciones móviles comerciales