

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería



Una Institución Adventista

**Técnicas y Herramientas para la predicción de complicaciones
cardiacas, utilizando wearables inteligentes: una revisión
sistemática de la literatura**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería de Sistemas

Por:

Maicol Enrique Ayala Poma
Jhordy Arnold Huaman Ollero

Asesor:

M.Sc. Fredy Abel Huanca Torres

Lima, diciembre de 2020

DECLARACIÓN JURADA

DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

M.Sc. Fredy Abel Huanca Torres, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, de la Universidad Peruana Unión

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: ***“Técnicas y Herramientas para la predicción de complicaciones cardiacas, utilizando wearables inteligentes: una revisión sistemática de la literatura.”*** constituye la memoria que presentan los estudiantes **Maicol Enrique Ayala Poma y Jhordy Arnold Humana Ollero** para aspirar al Grado de Bachiller en Ingeniería de Sistemas, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, 22 diciembre del año 2020.



Asesor

M.Sc.. Fredy Abel Huanca Torres
DNI: 01345134

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....21.....día(s) del mes de.....diciembre.....del año 2020.... siendo las.....10:40.....horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Mg. Sergio Omar Valladares Castillo....., el (la) secretario(a): Mg. Keyla Dervith De la Cruz Gutierrez y los demás miembros:..... Mg. Omar Leonel Loaiza Jara y el (la) asesor(a): MSc. Fredy Abel Huanca Torres.... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Técnicas y herramientas para la predicción de complicaciones cardíacas utilizando wearables inteligentes: una revisión sistemática de la literatura".....de los (las) egresados (as): a)..... Maicol Enrique Ayala Poma b)..... Jhordy Arnold Huaman Ollero conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en Ingeniería de Sistemas..... (Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando ...a los... candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por ...los... candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Maicol Enrique Ayala Poma

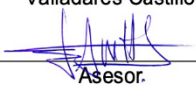

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	19	A	Con nominación de Excelente	Excelencia

Candidato/a (b): Jhordy Arnold Huaman Ollero


CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	19	A	Con nominación de Excelente	Excelencia

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ...a los... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente
 Mg. Sergio Omar
 Valladares Castillo

 Asesor.
 MSc. Fredy Abel
 Huanca Torres

 Candidato/a (a)
 Maicol Enrique Ayala
 Poma

 Miembro


 Secretario
 Mg. Keyla Dervith De la
 Cruz Gutierrez

 Miembro
 Mg. Omar Leonel
 Loaiza Jara

 Candidato/a (b)
 Jhordy Arnold Huaman
 Ollero

Índice

Introducción	6
Revisión de la Literatura	8
Enfermedades Cardiovasculares	8
Inteligencia Artificial	9
Modelos, Tareas y métodos de la Inteligencia Artificial	9
Algoritmos de Machine Learning	10
Método de la Revisión Sistemática de la literatura	16
Necesidad de la revisión sistemática.....	17
Preguntas para la revisión sistemática.....	18
Definición de las cadenas de búsqueda	19
Criterios de inclusión y exclusión.....	20
Criterios de calidad	22
Resultados	24
Resultados de búsqueda.....	23
Resultados de filtros aplicados	25
Preguntas bibliométricas	26
Preguntas de investigación	31
Conclusiones	33
Referencias	34

Técnicas y Herramientas para la predicción de complicaciones cardíacas, utilizando wearables inteligentes: una revisión sistemática de la literatura

Techniques and Tools for the prediction of cardiac complications, using smart wearables: a systematic review of the literature

Maicol Enrique Ayala Poma¹ and Jhordy Arnold Huaman Ollero²

¹ Universidad Peruana Unión, Lima, Perú

¹ maicolayala@upeu.edu.pe
² jhordyho@upeu.edu.pe

Resumen. El objetivo de este artículo es identificar mediante una revisión sistemática de la literatura, técnicas y herramientas utilizadas para la predicción de complicaciones cardíacas, con wearables inteligentes; mediante una revisión sistemática de la literatura, tiene relevancia por ser implementado en el campo de la medicina y a lo largo del tiempo han evolucionado en distintos ámbitos de la medicina. Para esto, se procedió a realizar una revisión sistemática de la literatura tomando en cuenta el rango de las publicaciones de los últimos 8 años en las bases de datos SCOPUS, SCIENCEDIRECT, EBSCOHOST, IEEEEXPLORE, ACM DIGITAL LIBRARY, de todos los artículos encontrados y seleccionados se extrajo las técnicas que más resaltan y así mismo modelos y herramientas de machine learning para poderlos considerar como antecedentes de la investigación. Existen muchos métodos que pueden predecir complicaciones de enfermedades cardíacas, uno mejor que otro según la investigación del caso de estudio. Sin embargo, después de una revisión exhaustiva de todos los artículos seleccionados se muestra que un 80% de los artículos seleccionados se adapta a la necesidad de poder dar un pre desarrollo de las técnicas, herramientas para alcanzar una mayor puntuación en la precisión de un ataque cardíaco, cuyo proceso de selección de artículo está basado en el modelo de selección de Kitchenham[54].

Palabras claves: Algoritmos, Redes Neuronales Artificiales, aprendizaje automático, Random Forest, K-means, Wearables, Ataques Cardíacos.

Abstract. The objective of this article is to identify, through a systematic review of the literature, techniques and tools used for the prediction of cardiac complications, with smart wearables; Through a systematic review of the literature, it is relevant because it is implemented in the field of medicine and has evolved over time in different fields of medicine. For this, a systematic review of the literature was carried out taking into account the range of publications of the last 8 years in the databases SCOPUS, SCIENCE DIRECT, EBSCOHOST, IEEEEXPLORE, ACM DIGITAL LIBRARY, of all the articles found and selected. The techniques that stand out the most, as well as models and machine learning tools were extracted to be able to consider them as antecedents of the investigation. There are many methods that can predict complications of heart disease, one better than another based on the research in the case study. However, after an exhaustive review of all the selected articles, it is shown that 80% of the selected articles adapt to the need to be able to give a pre-development of the techniques, tools to achieve a higher score in the precision of an attack cardiac, whose article selection process is based on Kitchenham's selection model [54].

Keywords: Algorithms, Artificial Neural Networks, machine learning, Random Forest, K-means, Wearables, Heart Attacks.

1 Introducción

El corazón es el órgano más importante en el ser humano y es parte del sistema cardiovascular, pesa alrededor de 250-350 gramos, aproximadamente del tamaño de un puño; golpea alrededor de 2.5 mil millones de veces de 66-68 años, de tal modo que puede entretenerse que es uno de los órganos que tiene mayor trabajo e importante del ser humano y es el menos cuidado, Según el Informe anual publicada por la OMS [48] se muestran alrededor de 17,7 millones de personas que murieron por enfermedades cardíacas (ataques cardíacos) estos representa un total de 31 % de todas las muertes registradas a nivel mundial. Esto muestra que los ataques cardíacos son la causa número uno de muerte a nivel mundial y que más personas mueren de ataques cardíacos en comparación con cualquier otra enfermedad.

Es una realidad cotidiana, que los hospitales en su mayoría a nivel nacional no cuentan con la capacidad de realizar estudios especializados en enfermedades cardiológicas [1], dentro de los estándares de calidad en atención hospitalaria los hospitales del Ministerio de Salud (MINSA) tienen una percepción de calidad baja[2]. Así mismo este problema no es solo exclusivo del Perú, la calidad de atención en países de recursos bajos a nivel mundial es inadecuada, sabiendo que su mejora en atención de salud hospitalaria más de ocho millones de vidas anualmente [3]. Los países de bajos recursos tiene la mayor letalidad de muertes por enfermedades cardiovasculares siendo un 31.5% de la tasa de mortalidad por la precaria calidad de atención hospitalaria , y es allí donde se precisa que estas patologías de creciente incidencia, como las enfermedades cardiovasculares precisan estudios y diagnósticos de intervenciones terapéuticas lo cual son limitaciones hospitalarias en la actualidad [3].

La salud cardiovascular se debe incluir dentro de las prioridades de salud dado que las enfermedades cardiovasculares son la primera causa de muerte en el mundo, afectando exponencialmente a la población mundial siendo cada vez mayor [4]. El escenario mundial y nacional pone de manifiesto la necesidad imperiosa de nuevos métodos de

diagnóstico, esperando ser de naturaleza precoz, así como de nuevas herramientas, que ayuden a predecir un diagnóstico oportuno y preventivo [4]. Asimismo, es necesario desarrollar acciones rápidas y oportunas para incrementar la generalización e integración de variables determinantes como factores biológicos, etiología y la patogenia sobre enfermedades cardiovasculares.

cabe resaltar la necesidad de poder pronosticar de forma rápida y oportuna teniendo en cuenta las limitantes mencionadas anteriormente [2], donde el tiempo y recurso juega un papel importante para un diagnóstico oportuno, es allí donde se podría calzar técnicas de Machine Learning para el pronóstico cardíaco ante esta necesidad, y es por ello se aplicó una RSL para poder tener en cuenta en futuras investigaciones resaltando las cualidades de qué técnicas y herramientas existen en la actualidad.

Debido al problema anteriormente mencionado han surgido muchos métodos de Machine Learning (de aprendizaje supervisado y no supervisado) para distintos casos clínicos. Este artículo se refiere a la identificación de técnicas y herramientas para las predicciones cardíacas utilizando wearables inteligentes. El Machine Learning cae bajo el ámbito de la inteligencia artificial [5]; Es la capacidad de una máquina para aprender de un gran conjunto de datos y predecir, agrupar o clasificar datos similares, pero no vistos o nuevos en función de su aprendizaje o capacitación. Algunas técnicas de aprendizaje automático famosas incluyen la red neuronal artificial (ANN), la máquina de vectores de soporte (SVM), el árbol de decisiones, el mapa de kmeans clustering etc. [5]

El objetivo de este artículo es identificar mediante una revisión sistemática de la literatura, técnicas y herramientas utilizadas para la predicción de complicaciones cardíacas, con wearables inteligentes; mediante una revisión sistemática de la literatura.

El esquema del presente artículo de investigación se distribuye de la siguiente manera: en la sección II se muestra la revisión de la Literatura; en la sección III muestra la descripción de la revisión sistemática de la literatura; la sección IV muestra los resultados de la revisión de la Literatura y finalmente en la sección V se describe las conclusiones del siguiente trabajo de investigación.

2 Revisión de la literatura

En la siguiente sección se muestran algunos términos y conceptos que se usa posteriormente

2.1 Enfermedades Cardiovasculares

Según la OMS las enfermedades cardiovasculares son conocidas como trastornos del corazón y de los vasos sanguíneos, y son clasificados como hipertensión arterial (presión alta); también como cardiopatía coronaria (infarto de miocardio); insuficiencia cardíaca y cardiopatía congénita.

La hipertensión arterial (presión alta): Es una patología crónica en la que los vasos sanguíneos tiene una presión constantemente alta que podrían dañarlos a los mismos, con una medición de 130 o mayor en la cifra superior(sistólica) o de 80 o mayor de la cifra inferior (diastólica). De acuerdo a un informe de la American Heart Association (AHA), casi la mitad de los adultos de Estados Unidos tienen presión arterial alta con un aproximado de 116 millones de personas [6].

El infarto agudo de miocardios: Es una necrosis miocárdica que se produce como resultado de obstrucción aguda de una arteria coronaria, los síntomas son molestias torácicas con disnea o sin ella, náuseas y sudoración; es una de las enfermedades patológicas que tiene mayor prevalencia en la actualidad. Según los datos aportados en el año 2015 por la Sociedad Americana del corazón, el infarto agudo de miocardio se produce en hombres mayores de 60 años y mujeres del mismo grupo etario [7] [8], Según la OMS ha buscado conceptualizar esta información teniendo como fin diagnósticos, epidemiológicos e investigativos [9] entre las cuales se encuentra la tercera definición de infarto y se clasificaron el infarto agudo de miocardio en cinco tipos [10]

- a. Tipo 1: infarto de miocardio espontáneo agudo.
- b. Tipo 2: infarto de miocardio secundario agudo a desequilibrio isquémico
- c. Tipo 3: infarto de miocardio agudo que conduce a muerte según la disposición de resultados de biomarcadores.
- d. Tipo 4 A: infarto de miocardio agudo que guarda relación con las intervenciones coronarias percutáneas.
- e. Tipo 4 B: infarto de miocardio agudo que está relacionado con la trombosis de stent.
- f. Tipo 5: infarto de miocardio agudo que guarda relación con derivación aortocoronaria con injerto.

Insuficiencia cardíaca: Es una afección crónica la cual provoca que el corazón no bombee(sístole) con la eficacia necesaria y no se llena (diástole).

Cardiopatía congénita: Es conocida como la malformación cognitiva en los recién nacidos. Esta enfermedad suscita mayormente en los países más desarrollados y se estima que 5,2 y 12,5% de los recién nacidos vivos con malformaciones, y 1% de la población en general. [11]

Las enfermedades cardiovasculares tienden a afectar a países que tienen ingresos bajos y medios, según los estudios el 80% de estos países son afectados por esta enfermedad tanto a hombres como a mujeres [2].

Teniendo encuesta muchas de estas patologías cardíacas existen datos clínicos que puede ayudar en la predicción de las complicaciones cardíacas como se muestra en la siguiente tabla [55]

Tabla 1 Característica de datos clínicos para modelar un algoritmo de aprendizaje automático.

Características Clínicas	Descripción de la función	Mediciones	Tipo de dato
Presión arterial	representa el valor de la presión arterial del paciente	mm/hg valores entre 70 -110	Cuantitativo
Azúcar en sangre en ayunas	representa el nivel de azúcar en la sangre en ayuno	mg/dl valores > 120 mg	Cuantitativo
Colesterol	representa la combinación de bueno y malo colesterol	mg/dl valores < 200	Cuantitativo
Factor edad	representa el grupo de edad muy propensos a enfermedades del corazón	años edad > 55 muy propensos a enfermedades del corazón	Cuantitativo
Diabetes	indica el nivel de azúcar en la sangre	si o no	Cualitativas
Hábitos	indica si el paciente tiene los siguientes hábitos: ingesta de alcohol, cigarrillo, tabaco, etc.	si o no	Cualitativas

2.2 Inteligencia Artificial

La inteligencia artificial (IA) se define como la capacidad e inteligencia del cerebro humano [5] también es conocida como parte de la ciencia de la computación porque permite proporcionar una diversidad de métodos técnicas y herramientas que permiten resolver problemas simulando el proceso de los sujetos cognoscentes, [12] como función es la encargada del diseño de sistemas inteligentes, estos sistemas tienen características asociadas con la inteligencia de la conducta humana[12].

El desarrollo de tecnologías que se asocian a la inteligencia artificial (IA), que se aplican a la medicina, muestran una novedosa perspectiva, que puede reducir costos, tiempo, equivocaciones médicas, así como aumentar el uso de los recursos humanos dentro de las ramas de la medicina aumentando requerimientos [44].

La IA constituye uno de los campos interdisciplinarios donde se unen muchas ciencias. por ejemplo, desde la aparición de las computadoras, juntamente con las teorías, información y control, proporcionando soportes experimentales, teóricos para el área de investigación de la Inteligencia Artificial [45].

2.3 Modelos, Tareas y métodos de la inteligencia Artificial

La información extraída que guarda relaciones, reglas o patrones de los datos (previamente) desconocidos o información más relevante concisa (resumen entre los mismos). Estos resúmenes constituyen un modelo de datos analizado y dichos modelos pueden ser descriptivos y predictivos [15].

Las tareas nos motivan a identificar las técnicas y herramientas de inteligencia artificial (redes neuronales, lógica difusa, árbol de decisión, etc.) [15] por ejemplo, si queremos predecir el pronóstico del tiempo, esto sería nuestra tarea, el pronóstico del tiempo, y finalmente nuestro método consiste en cómo re direccionarse para poder cumplir esta tarea. Por lo tanto, este trabajo de investigación va referido a las aplicaciones, técnicas y herramientas para la predicción de enfermedades cardiacas.

Además, se considera que una técnica se puede desarrollar con diferentes algoritmos, la cual tengan criterios concretos que construyan el modelo [15].

En la siguiente **figura 1** se muestra un emulador de los sistemas nerviosos, este procedimiento resulta muy útil para este tipo de tareas aplicando el cálculo e intervalo de tiempo lo más reducido posible. La realización de un sistema neuronal artificial puede establecer una estructura similar. Este elemento de partida será la neurona artificial, organizada en capas junto con las interfaces de entrada y salida, incluido los módulos todo ello constituirá el sistema global del proceso.

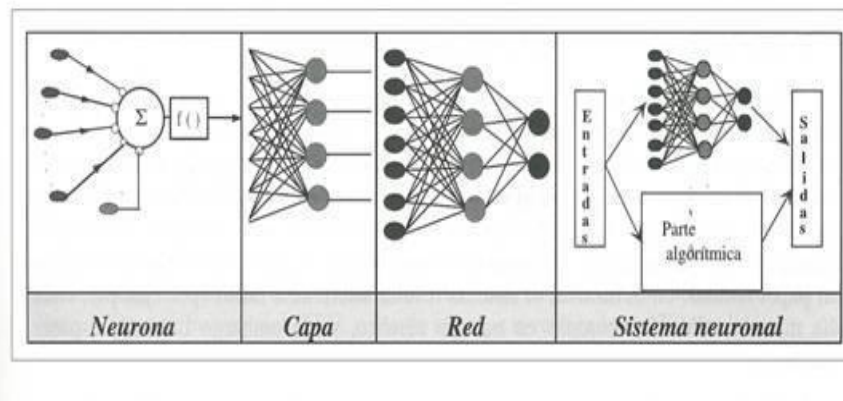


Figura 1 Partes de una red Neuronal

2.4 Algoritmos de Machine Learning

Machine learning (ML) es un proceso utilizado para interpretar conjuntos de datos mediante el uso de computadoras que adquieren conocimientos de las experiencias. [16]. ML para la informática en el campo médico se ha convertido en una ciencia interdisciplinaria para tratar los datos hospitalarios utilizando técnicas computacionales complejas [17].

Ha habido muchos intentos de predecir paros cardíacos a través de varios algoritmos, como la regresión lineal.[12]

Se han empleado varias permutaciones de algoritmos para aumentar la precisión del resultado de la predicción de modo que pueda volverse confiable.[18] Pattekari et al. Han empleado incluso técnicas de análisis de datos como Neural Networks, Naïve Bayes y Decision tree. para crear un sistema para predecir enfermedades cardiacas, aunque solo discutió el modelo teórico del sistema.[19] (¿Cuál fue propósito de dicha investigación?)

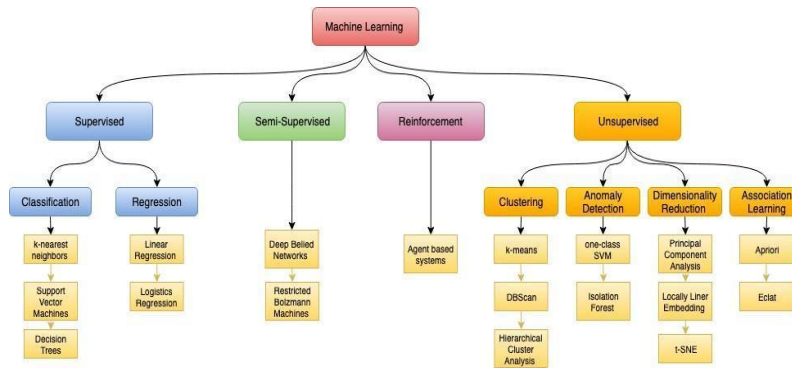


Figura 2 Proceso de Machine Learning

Técnicas para la predicción de complicaciones cardiacas.

En esta sección se muestra hallazgos más relevantes de los distintos artículos seleccionados. Se presentan resúmenes de las metodologías presentadas en estos trabajos. Los trabajos de investigación se categorizaron según las técnicas aplicadas. Algunos de los artículos seleccionados han aplicado distintos conjuntos de datos sobre enfermedades del corazón, A Continuación, se lista las distintas técnicas aplicadas.

a) Técnicas con Minería de Datos:

La minería de datos transforma los enormes conjuntos de datos en información que luego se utiliza para hacer mejores predicciones y decisiones [20]. esto no es indiferente en la salud, En la actualidad existen diversas investigaciones referentes a la predicción de enfermedades cardiacas utilizando técnicas de minería de datos [16]. En la actualidad existen varias técnicas de minería de datos para identificar y extraer datos clínicos útiles para el estudio del mismo sin esfuerzo mínimos del usuario [21]. A medida que la tecnología avanza, los investigadores descubren distintas formas de implementar técnicas de exploración de sus datos clínicos existentes que suelen ser redundantes e inconsistentes [22]. La redundancia de datos y la inconsistencia en un conjunto de datos sin procesar afectan significativamente los resultados [23]. Por ello se necesita un método de selección de características adecuadas para lograr una alta precisión en la predicción de enfermedades cardiacas, tomando características significativas como entradas y una técnica adecuada. [22]. Es de suma importancia tener en claro que es tan importante la selección de características, así como la técnica adecuada. En muchas investigaciones hay una alta expectativa de diagnosticar la enfermedad cardiaca con una alta precisión, pero es difícil alcanzarlo.[24]. Por lo tanto, es crucial identificar la combinación correcta entre las características significativas de los datos y el algoritmo que tengan un óptimo rendimiento.

Se puede utilizar distintos algoritmos que encaja en la exploración de datos médicos, así como, por ejemplo:

C4.5

Este algoritmo es utilizado para construir un árbol de decisiones[25]. lo cual vendría ser una versión mejorada de estos otros algoritmos CLS, ID3 [26] [27]. Este algoritmo se destaca porque tiene una buena precisión en predicción, pero cuenta con las desventajas de que requiere una gran cantidad de memoria y tiempo de procesamiento en CPU [28].

AdaBoost

Es un algoritmo que tiene una buena base teórica muy sólida y promete una buena predicción [29]. Este algoritmo se ha implementado en varios campos con éxito, y está enfocado en la visión por computadora o en sistemas de detección de rostros[30].

Bayes ingenuo

Es uno de los algoritmos lo cual es fácil construir esquemas iterativos y simples, así mismo por su robustez y precisión. [30]

Bootstrap aggregating

También conocido como Bagging, es un algoritmo que combina los resultados de diferentes modelos realizados para mejorar la confiabilidad de los resultados.[31]. Es también conocido como un algoritmo efectivo para muchos propósitos incluso el diagnóstico médico [20].

Logistic regression

Es un algoritmo que clasifica los datos en solo dos condiciones 0 y 1 llamado distribución Bernoulli [32]. Logistic regression se utiliza en muchos sectores de investigación una de ellas es en la salud. por ejemplo, una investigación utilizando este algoritmo para analizar la enfermedad cardíaca congénita [33]

b) Técnicas de Machine Learning:

El proceso de modelación para esta técnica se suele hacer en la primera fase de knowledge discovery este proceso se realiza mediante los siguientes pasos:

Entendimiento de los datos, lo cual consiste en la preparación inicial y análisis descriptivo de los datos, y un análisis de la calidad de la información.

Preparación de los datos, consiste en la limpieza y tratamiento de los datos como tratamiento de outliers, missings, reducción del número de variables, eliminación de variables redundantes, etc.

Selección de la técnica apropiada y aplicación del proceso de regularización, Donde se transforman los datos y se preparan para la modelización [22]

Existen muchos estudios que se han realizado y que buscan descubrir qué técnicas de ML se han utilizado para diagnosticar enfermedades del corazón [34].

c) Support Vector Machine (SVM):

Sung y Yuan Lee Algoritmo genético(GA) es aplicada para la selección de características y SVM para la clasificación. Los resultados de esta técnica son los que validan su efectividad. si se aplica SVM sin GA esta supera a las otras técnicas que produce precisión en el 96.38 % y si se aplica el GA mejora la precisión en un 3.14 % [35]

AD Dolatabadi et al [36] propone una técnica para diagnosticar automáticamente una enfermedad coronaria (CAD), es aplicada mediante señales de variabilidad que muestran la frecuencia cardíaca (HRV) cuyas

variables derivan de un electrocardiograma (ECG), esta técnica utiliza un análisis principal (PCA) para reducir la dimensión para luego aplicar SVM la cual ayuda en su clasificación.

Y Zhen Empleados Least Square (LS-SVM) es aplicado en la implementación de un diagnóstico inteligente, es característico por su muestra de precisión al momento de predecir una insuficiencia cardiaca crónica siendo el 95,39%.

Analizando desde el punto de vista de cada autor, con esta técnica se puede predecir la gravedad de la insuficiencia cardiaca en pacientes, utilizando SVM con Gaussian Radial para su clasificación.

d) Neural Networks (RN)

Zainab A. et Al. propone un algoritmo híbrido que tenga una alta precisión para el diagnóstico de una CAD, siendo el principal objetivo en cuanto a la red aumentar el rendimiento de la red neuronal con una aproximación de un 10% asignando sus pesos iniciales a través del algoritmo genético alimentando a una NN.[30]

Altan, G. et al. se enfoca en el diagnóstico de la enfermedad coronaria (CAD) con perceptron multicapa de una red neuronal (NN), mostrando un rendimiento de clasificación de última generación [37]

Según el análisis y punto de vista de cada autor podemos mencionar que una red neuronal convolucional se puede aplicar en un diagnóstico de predicción de la insuficiencia cardiaca en un paciente, ya que propone utilizar muchas opciones de segmentación y es configurable, empleando codificación de un punto y vectores de palabras para modelar y predecir HF con LSTM (Memoria Largo Plazo).

e) Decision Trees (AD)

Esta técnica es utilizada con un conjunto de datos que ingresan en un árbol de decisión donde el modelo puede identificar los factores de riesgo. Maryam T. utiliza un conjunto de datos de 1159 angiografías sanas, 405 negativas y 782 participantes con angiografía positiva, donde 10 variables de 12 se ingresan en un

Árbol de decisión y el modelo es capaz de identificar los factores de riesgo

con una precisión de 94%. [37].

f) Fuzzy Logic (Lógica difusa)

Esta técnica es utilizada para las prevenciones de riesgo en pacientes en función de los parámetros proporcionados. este algoritmo basado en reglas tiene como propósito ayudar a un médico no especializado a tomar la decisión correcta con respecto a los niveles de riesgo. [38]

g) kNN

Es conocida como la técnica de algoritmo de aprendizaje supervisado, a partir de un conjunto de datos inicial, su objetivo será clasificar correctamente las instancias nuevas, en contraste con otros algoritmos de aprendizaje supervisado, KNN no genera modelo que puede ser fruto de un aprendizaje que tengas datos de entrenamiento, sino que el aprendizaje es en el momento que se prueban los datos de test, este algoritmo es conocido como lazy learning methods [20]

h) **Random Forest**

Técnica conocida como bosques aleatorios, es la combinación de árboles predictivos, ya que cada árbol depende de los valores de un vector aleatorio que será probado independientemente y la distribución de cada una de estos.

Algunos investigadores como Zerimar y Abdulhamit examinaron cinco clasificadores diferentes, a saber, C4, 5, DT, KNN, SVM, ANN Y Random Forest, donde el resultado muestra que el bosque aleatorio logra una mayor precisión. [39]

i) **Ensamblados (Técnica conjuntos)**

Esta técnica trabaja con un conjunto de datos propuestos, por ejemplo, pacientes con enfermedades cardíacas crónicas, al utilizar estos datos clasificados ANN, LS-SVM Y NB se podría utilizar para mostrar un resultado que muestre una precisión para reducir el riesgo de recomendaciones incorrectas. [40]

Las Herramientas para la predicción de complicaciones cardíacas.

Recopilación de Datos Electrocardiograma (ECG)

La literatura sobre este tema sugiere la necesidad de una clasificación de ECG y distintos puntos de vista para realizar una clasificación.[41]

Muchos de los datos recolectados en los artículos encontrados para el entrenamiento de las técnicas y aplicación de los algoritmos se encontraron en las siguientes bases de datos libres.

Physio net ECG, UCI Machine Learning Repository, En los cuales se encuentran un total de 48 datos clínicos, de los cuales todos son anormales en muchos de los artículos las restricciones de parámetros sobre la información del ECG son las siguientes:

1) Duración QRS 2) Intervalo RR 3) Intervalo PR 4) Intervalo QT 5) Amplitud de onda R 6) Duración de onda P 7) Duración de onda T. y qué características clínicas son registradas 1) Presión arterial media (mm/hg) 2) Azúcar en sangre en ayunas (mg / dL) 3) Frecuencia cardíaca (BPM) 4) Niveles de colesterol (mg /dL) 5) Factor de edad (años) 6) Fumar / beber / factores de tabaco 7) Factor de diabetes.

A Continuación, la siguiente tabla muestra las características del ECG y sus descripciones completas y así mismo sus mediciones.

Tabla 2 ECG Características y descripción

Característica de ECG	Descripción	Mediciones
Duración QRS	Indica la sístole auricular, diástole auricular y ventricular	0.08 s
Intervalo RR	Indica la frecuencia cardíaca en latidos en minutos	1 s
Intervalo PR	Indica la señal eléctrica generada por el nodo sinusal	0.16 s
Intervalo QT	Indica el flujo de impulsos eléctricos y sangre desde las cámaras auriculares hasta los ventrículos.	0.36 s

Linea isoelectrica	Indica el tiempo de descanso que toma el corazón en un solo latido	0.12 s
Amplitud R	Indica la sistole auricular	1 millivolt
Duración de la Onda P	indica la tasa de excitación auricular	0.08 s
Duración de la Onda T	Indica sistole ventricular	0.16 s

Tabla [ECG] como se ve en la tabla [ECG] los parámetros que se someten para la investigación, En la primera columna se muestra los parámetros usados como entrada de información por paciente, en la segunda columna se muestra una breve descripción de cada característica ECG y en la tercera columna se muestra la dimensión de medición de tal característica.

Arquitectura con un wearable (Apple Watch)

Muchos dispositivos electrónicos portátiles o wearables, generalmente por su naturaleza portátil pueden formar parte de la vestimenta de una persona. Consecuente a ello monitorear los parámetros de un individuo como actividades. Basados en múltiples sensores [43]



Figura 3 Se muestra la arquitectura mediante un wearable y un dispositivo móvil para la recolección de información cardíaca

Como se muestra en la (Figura 3) Mediante los distintos sensores del dispositivo Apple Watch se mide la frecuencia cardíaca y otros signos vitales, Y a medida que el usuario lo esté usando. El watchOS sincroniza los datos al iPhone. Existe un aplicativo intermediario llamado HealthKit para la recolección de información del ECG a una base de datos externa para su posterior análisis y aplicación de unas de las técnicas y algoritmos mencionados anteriormente [43].

Cabe destacar que usar esta arquitectura para el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares es menos invasiva que otros métodos tradicionales para la detección en este caso de Arritmias cardíacas (taquicardias, bradicardias y fibrilación auricular) por ser trastornos que implica un seguimiento y control de la frecuencia cardíaca; Y usando esta arquitectura se puede lograr.

Dispositivo de monitorización cardiorrespiratorio.

El sistema presentado a continuación involucra 3 sensores que pueden medir consecutivamente la frecuencia cardiaca, la frecuencia respiratoria, el SpO2 (saturación de oxígeno) y la temperatura, El monitoreo continuo de estos parámetros pueden detectar posibles complicaciones cardiacas, neurológicas e incluso pulmonares en una etapa temprana [44]. Este sistema de monitoreo de salud contendrá una red de sensores corporales con procesamiento de señales y módulos de transmisión de datos a través de los cuales los datos recopilados pueden transmitirse de forma inalámbrica a través de Internet [45]

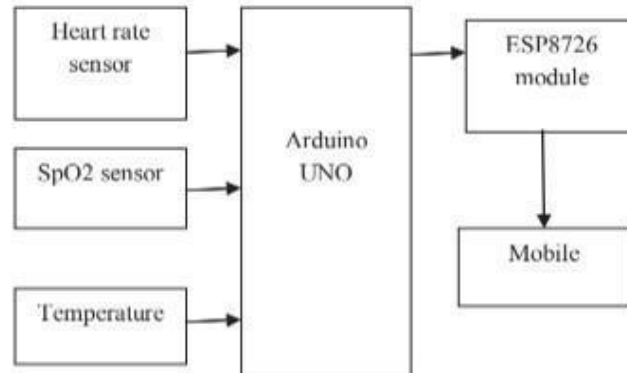


Figura 4 Wearable cardiorespiratory Monitoring [51]

Como se muestra en la (Figura 4) es la arquitectura necesaria para poder establecer la conexión de los sensores para la obtención de información sobre los parámetros anteriormente mencionados y pronosticar un posible para cardíaco, previo a ello pasar por una de las técnicas que se menciona en este artículo

3 Método de la revisión sistemática de la literatura

El método de revisión sistemática de literatura se basa en la metodología propuesta por Barbara Kitchenham [52], este método tiene sus raíces en revisiones bibliográficas realizadas para Ciencias Humanas y Medicina [53], pero en los últimos años se han propuesto adaptaciones para otras disciplinas como la ingeniería [54]. El proceso de búsqueda de este método consiste en tres fases: 1) planificación de la búsqueda, 2) realización de la búsqueda y, 3) presentación del informe de revisión. Ver figura 5

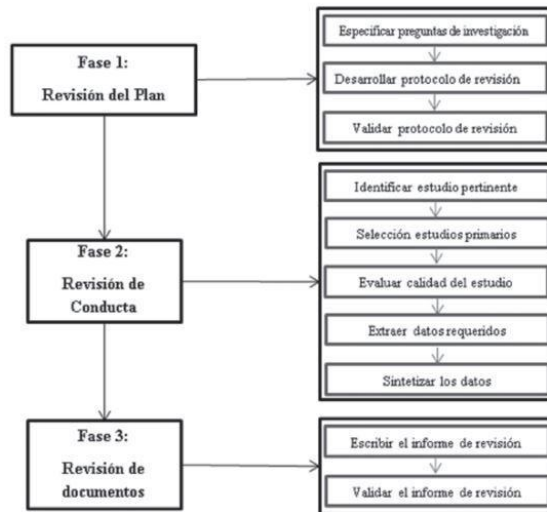


Figura 5 Método de Barbara Kitchenham

3.1 Necesidad de la revisión sistemática

Las soluciones de Machine Learning, se ha estado aplicando constantemente con el pasar de los años, muchas de estas soluciones y Deep learning han apoyado en el campo de la medicina, como se puede ver en la figura

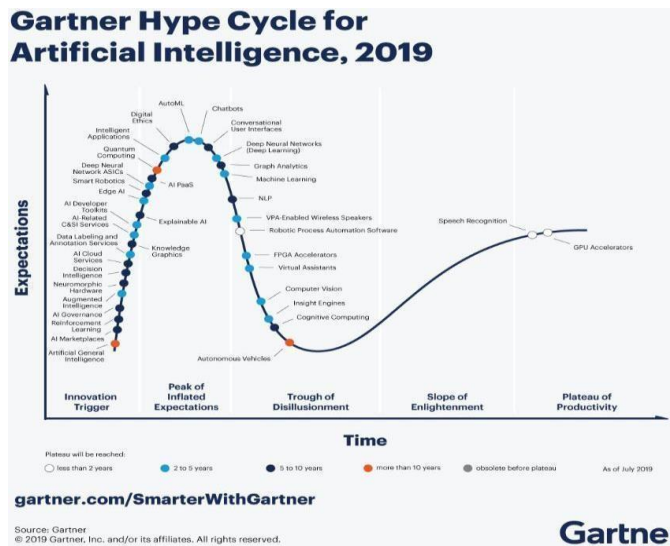


Figura 6 Hype Cycle de Gartner para la inteligencia Artificial 2019

y son muchas de estas soluciones, como el Machine Learning (Ver figura 4) han contribuido y apoyado a la medicina. Por lo cual se requiere identificar las técnicas y herramientas que se utilizan al desarrollar la solución de Machine Learning.

3.2 Preguntas para la revisión sistemática

Para conceptualizar y estructurar las preguntas de investigación se tomó como referencia de la sección anterior. En la siguiente tabla (Tabla 2) se presenta las preguntas propuestas y la motivación de cada una.

Adicionalmente, en la tabla 3 se presentan las preguntas bibliométricas que se ha propuesto con el objetivo y la motivación de ampliar más los estudios en el tiempo.

Tabla 3 Se muestra las preguntas de investigación y motivación

ID	Preguntas	Motivación
PI-01	¿Qué herramientas médicas y técnicas existen para poder predecir complicaciones cardíacas?	Identificar las herramientas médicas y técnicas utilizadas durante las predicciones de complicaciones cardiacas.
PI-02	¿Cuáles son las características de estas herramientas médicas y técnicas aplicadas en la investigación?	Identificar las características de cada herramienta médica utilizada para las predicciones cardiacas.
PI-03	¿Cuáles son los <i>wearables</i> existentes para la recolección de información complicaciones cardiacas?	Identificar los wearables que existen
PI-04	¿Cuáles son los algoritmos de aprendizaje automático para la detección de complicaciones cardiacas?	Identificar los algoritmos de aprendizaje que se aplicará para la detección de complicaciones cardiacas.

Tabla 4 se muestra las preguntas de bibliometría

ID	Pregunta	Motivación
PB-1	¿Cuál es la cantidad de publicaciones relacionadas al tema?	Identificar la cantidad de publicaciones relacionadas al tema.
PB-2	¿Cuáles son las publicaciones en las que se ha encontrado estudios relacionados?	Identificar si las técnicas y herramientas utilizadas son de gran utilidad para el diagnóstico.
PB-3	¿Cómo han evolucionado las técnicas y herramientas para predecir una complicación cardíaca a lo largo del tiempo?	Identificar qué técnicas en el análisis de datos y herramientas para la exploración y recolección de datos se aplica a medida va evolucionando la tecnología.

3.3 Definición de las cadenas de búsqueda

Para poder elaborar la cadena de búsqueda de información se aplicó la estrategia PICO mediante una exhaustiva selección de resultados.

Población:

Entidad: Aplicaciones, técnicas y herramientas para la predicción de complicaciones cardíacas

Término principal 1: Técnicas

Términos alternos: Estudios, Investigación, Metodologías, Algoritmos

Justificante: Nuestro objetivo de estudio es aplicar técnicas, herramientas relacionadas a la investigación mediante algoritmos.

Término principal 2: Herramientas

Término Alterno 2: Aplicación, recursos, Instrumento

Justificante: el objetivo de la selección del término fue para poder encontrar qué tipos de herramientas, recursos e instrumentos se pueden aplicar para lograr la predicción de enfermedades cardíacas.

Término principal 3: Algoritmos Término alternos: Modelos

Justificante: Se seleccionaron estos términos para poder encontrar qué algoritmos, modelos están relacionados al objeto de estudio.

Intervención:

Entidad: predicción de complicaciones cardíacas

Término principal 1: predicción

Términos alternos: diagnóstico

Justificante: se selecciona el término debido a la certeza del diagnóstico, que nos ayudarán a predecir una complicación cardíaca, y van relacionados al término principal.

Entidad: enfermedades cardiovasculares.

Término principal 1: Enfermedad Cardiovascular

Términos Alternos: Hipertensión, infarto de miocardio, insuficiencia cardíaca, cardiopatía congénita y arritmia

Justificante: se selecciona el término según el análisis ejecutado se muestran términos alternos por ser los principales tipos de enfermedades cardiovasculares más comunes.

Comparación: no aplica debido que en la RSL no se hace contraste alguno.

Resultados:

Entidad: Propuesta, experiencia, aplicaciones de predicción mediante algoritmos y métodos de recolección de datos de personas que tienen esta patología.

Término principal 1: propuesta

Términos alternos: experiencia, aplicación de herramientas, técnicas.

Idioma: Se escogió el idioma inglés para la cadena de búsqueda, por ser una de los lenguajes predominantes en las bases de datos de artículos científicos de alto impacto.

Usando las recomendaciones de la estrategia PICO, se consiguió un resultado óptimo de la cadena de búsqueda a partir de operadores lógicos entre los elementos definidos previamente: (Población) AND (Intervención) AND (Comparación) AND (Resultado) [46].

Tabla 5 Se muestra la cadena obtenida por cada elemento seleccionado de la estrategia PICO, a partir de lo cual se han elaborado las cadenas de búsqueda.

CONCEPTO	TÉRMINOS
Población	(Technical OR Techniques) AND (Studies OR Research) AND (Technical OR Methodology) AND (Technical OR Algorithm) AND (Tools AND Application) OR (Tool AND Resource) AND (Tools AND Instruments)
Intervención	(Prediction OR Diagnostic) AND (Cardio* disease OR Hypertension) AND (Cardio* disease OR Heart attack) AND (Cardio* disease OR heart failure) AND (Cardio* disease OR Congenital heart disease) AND (Cardio* disease OR arrhythmia)
Comparación	No aplica
Resultado	(Proposal or experience) and application of tools
Contexto	No Aplica

3.4 Criterios de inclusión y exclusión

Tomando como ejemplo la guía elaborada por Kitchenham [47], luego de aplicar la cadena de búsqueda en las diversas librerías indexadas, los resultados mostrados deben ser sometidos a evaluación para llegar a determinar los estudios primarios que responden directamente a las preguntas de investigación que se plantaron en el siguiente trabajo de investigación. Se consideraron los siguientes criterios para la evaluación de los estudios:

Criterios de inclusión:

CI.1. Se consideran aquellos artículos que provienen de las librerías digitales indexadas.

CI.2. Los artículos seleccionados deben ser considerados únicamente de fuentes médicas relacionadas al tema, y para la aplicación de las técnicas y herramientas deben ser consideradas fuentes de Ciencias de la computación.

CI.3. Para ser aceptados los artículos de los seleccionados, deben contener estudios o análisis de Técnicas y herramientas de software.

CI.4. Serán considerados aquellos artículos que se encuentren dentro del rango establecido de temporalidad definido. (2014 - 2020)

CI.5. Se aceptarán los artículos siempre en cuando el título tenga relación

con el objeto de estudio Criterios de exclusión:

CE.1. Serán excluidos los artículos que contengan contenidos duplicados.

CE.2. Se excluirán los artículos que no se encuentren en idioma inglés.

CE.3. Serán excluidos los artículos de contenido similar, y solo considerando los que tengan el contenido más completo.

CE.4. Serán incluidos los estudios secundarios, terciarios y resúmenes de manera limitada.

CE.5. Serán excluidos los artículos cuyo título no mantenga relación con el objeto de investigación.

Temporalidad serán considerados los artículos de estudio desarrollados en los últimos 5 años debido a que se analizarán Aplicaciones, técnicas y herramientas para ser aplicados en las predicciones de enfermedades cardiovasculares que se mantengan vigentes en los rangos de selección considerados. Por otro lado se considerará como técnicas y Algoritmos de Machine Learning debido al gran avance que hubo en mismo.[48]

Fuentes de datos. Las librerías digitales indexadas que se consideraron por la información y relevancia científica para la selección de artículos fueron:

- SCOPUS (<http://www.scopus.com>)
- Science Direct (<http://www.sciencedirect.com>)
- EBSCOHOST (<http://search.ebscohost.com>)
- IEEEExplore (<http://www.ieee.org/web/publications/xplore/>)
- ACM Digital Library (<https://dl.acm.org/>)

Procedimiento para la selección de artículos. Para la selección de artículos en la RSL se consideró el siguiente procedimiento:

Paso 1: Para la selección de los artículos de estudio se ejecutó la cadena de búsqueda PICO, dentro de las bases de datos indexadas, tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión mostradas en la Tabla 5. Las referencias de los artículos que se mostraron fueron guardadas para su posterior refinamiento.

Paso 2: De los artículos encontrados en el Paso 1 se filtró por rango de temporalidad y los que pertenecían a las áreas especificadas en los criterios de inclusión de la Tabla 5 y excluyendo solamente los que no se encuentren en idioma inglés.

Paso 3: Se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión definidos en Tabla 5.

Paso 4: Se concluye aplicando los criterios de inclusión y exclusión presentados en la Tabla 5

Tabla 6 Procedimiento y criterios de inclusión y exclusión

PROCEDIMIENTO	CRITERIO DE SELECCIÓN
PASO 1	CI.1
PASO 2	ci1,ci3,ci5,ce5
PASO 3	ci1, ci3, ci5, ce5,CE4
PASO 4	ci2, ci5,ce2, ce3, ce4,CI5

3.5 Criterios de calidad

Tomando en cuenta los lineamientos establecidos en la guía de Kitchenham, se evalúa la calidad de los estudios seleccionados[47].

Se define una lista de criterios con el fin de evaluar el grado de contenido que contenga datos importantes relacionados con el tema de investigación. Se considera los puntajes basado en la escala de Rouhani, el cual se explica y muestra a continuación: Sí cumple (S) = 1, Cumple parcialmente (P) = 0.5 y No cumple (N) = 0. Se presenta el esquema en la Tabla 6.

Estrategia para la extracción de datos. Con la finalidad de recopilar toda la información necesaria relacionada al tema y poder responder las preguntas que se plantearon en la investigación, diseñamos un formulario, Tabla 6.

Tabla 7 Criterios de Evaluación de Calidad

N°	Criterio de Evaluación de Calidad
1	¿El método seleccionado para llevar a cabo el estudio ha sido documentado apropiadamente? S: Se ha documentado apropiadamente el método seleccionado P: Según el método de selección, los archivos de estudio fueron documentados N: No fueron documentados por el método seleccionado
2	¿El estudio aborda las amenazas a la validez? S: El estudio aborda amenazas totalmente. P: El estudio aborda amenazas parcialmente N: No se detallan amenazas
3	¿Es clara la documentación de las limitaciones del estudio? S: Las limitaciones del estudio se han documentado claramente. P: Las limitaciones del estudio se han documentado parcialmente. N: No se han documentado las limitaciones del estudio
4	¿Los aportes del estudio para las comunidades científica, académica o para la industria han sido descritos? S: Los aportes del estudio para las comunidades han sido mencionados claramente P: Los aportes del estudio para las comunidades han sido mencionados parcialmente. N: No se han mencionado aportes.

5 ¿Los resultados han contribuido a responder las preguntas de investigaciones planteadas?

S: Los resultados han contribuido con las respuestas a todas las preguntas de investigación

P: Los resultados han contribuido a las respuestas de algunas preguntas de investigación

N: Los resultados no han contribuido a las respuestas de las preguntas de investigación

Tabla 8 Formulación para la extracción de datos

Criterio	Detalle	Relevancia
Identificador		
Fuente		
Título		
Autores		
Publicación		
Año de publicación		
Tipo de publicación		
Tipo análisis comparativo		
Objetivo de análisis		
Elementos comparados		
Criterios de comparación utilizados		
Dominio de aplicación		

4 Resultados

4.1 Resultados de la búsqueda

Como primer paso para la selección de los artículos de estudio se considera la técnica de la cadena de búsqueda en las librerías digitales indexadas. En la Tabla 8 se puede observar los resultados y las cadenas de búsquedas aplicadas. Para la base de datos ACM DIGITAL LIBRARY se hizo un ajuste para mejorar la búsqueda

Tabla 9 Resultados de búsqueda

Base de Datos	Fecha	Total
(Technical OR Studies) AND (Cardio* disease OR Hypertension) AND (Tools AND Application) OR (model OR Technical) AND (Cardio* disease OR arrhythmia) AND (Tool AND Resource) OR (Technical OR Research) AND (Cardio* disease OR Heart attack) AND (Tools AND Instruments) OR (Technical OR Methodology) AND (Cardio* disease OR heart failure) AND (Prediction OR Diagnostic) OR (Technical OR Algorithm) AND (Cardio* disease OR Congenital heart disease)		
Science Direct	Junio 2020	340
(Technical OR Studies) AND (Cardio* disease OR Hypertension) AND (Tools AND Application) OR (model OR Technical) AND (Cardio* disease OR arrhythmia) AND (Tool AND Resource) OR (Technical OR Research) AND (Cardio* disease OR Heart attack) AND (Tools AND Instruments) OR (Technical OR Methodology) AND (Cardio* disease OR heart failure) AND (Prediction OR Diagnostic) OR (Technical OR Algorithm) AND (Cardio* disease OR Congenital heart disease)		
Ieee Xplorer	Junio 2020	455
(Technical OR Studies) AND (Cardio* disease OR Hypertension) AND (Tools AND Application) OR (model OR Technical) AND (Cardio* disease OR arrhythmia) AND (Tool AND Resource) OR (Technical OR Research) AND (Cardio* disease OR Heart attack) AND (Tools AND Instruments) OR (Technical OR Methodology) AND (Cardio* disease OR heart failure) AND (Prediction OR Diagnostic) OR (Technical OR Algorithm) AND (Cardio* disease OR Congenital heart disease)		
EBSCOhost Web	Junio 2020	180
(Technical OR Studies) AND (Cardio* disease OR Hypertension) AND (Tools AND Application) OR (model OR Technical) AND (Cardio* disease OR arrhythmia) AND (Tool AND Resource) OR (Technical OR Research) AND (Cardio* disease OR Heart attack) AND (Tools AND Instruments) OR (Technical OR Methodology) AND (Cardio* disease OR heart failure) AND (Prediction OR Diagnostic) OR		

(Technical OR Algorithm) AND (Cardio* disease OR Congenital heart disease)

**ACM DIGITAL
LIBRARY**

Junio 2020

452

(Technical OR Studies) AND (Cardio* disease OR Hypertension) AND
(Tools AND Application) OR
(model OR Technical) AND (Cardio* disease OR arrhythmia) AND
(Tool AND Resource) OR
(Technical OR Research) AND (Cardio* disease OR Heart attack) AND
(Tools AND Instruments) OR
(Technical OR Methodology) AND (Cardio* disease OR heart failure)
AND (Prediction OR Diagnostic)

OR

(Technical OR Algorithm) AND (Cardio* disease OR Congenital heart disease)

(Technical OR Studies) AND (Cardio* disease OR Hypertension) AND
(Tools AND Application) OR
(model OR Technical) AND (Cardio* disease OR arrhythmia) AND
(Tool AND Resource) OR
(Technical OR Research) AND (Cardio* disease OR Heart attack) AND
(Tools AND Instruments) OR
(Technical OR Methodology) AND (Cardio* disease OR heart failure)
AND (Prediction OR Diagnostic) OR
(Technical OR Algorithm) AND (Cardio* disease OR Congenital heart disease)

- 4.2 Resultados de filtros aplicados (B. Selección de estudios primarios, C. Evaluar calidad de los estudios y D. Extraer resultados relevantes)

Selección de estudios primarios.

A Continuación, se muestra a detalle los pasos realizados para la selección:

Paso 1: Se procedió a aplicar la cadena de búsqueda que se muestra en la (Tabla 7) cuyo idioma por defecto esta en inglés.

La librería indexada que mostro mayor cantidad de resultados fue IEEE

Xplore. Asimismo, sobre dicha lista fueron aplicados los criterios de

inclusión y exclusión presentados para este paso según la Tabla 5. **Paso 2:**

En cuanto a la lista de resultados del Paso 1 se procedió con la exclusión e

inclusión de los artículos para el objeto de estudio de acuerdo a lo definido

en los criterios descritos según la Tabla 5. **Paso 3:** Los artículos

provenientes del Paso 2, fueron excluidos por no coincidir con el título

definido en los criterios descritos y se aplicaron los criterios de inclusión

según la Tabla 5.

Paso 4: Para proceder con la descarga de los artículos se revisó el

contenido de los artículos restantes tomando en consideración el resumen,

la introducción y las conclusiones, y fueron excluidos los que no tenían

relevancia de acuerdo a lo definido en los criterios presentados según la

Tabla 5.

Tabla 10 Resultado del proceso de selección de estudios

Base de datos	Artículos descubiertos	Paso 1	Paso2	Paso3	Paso4
Science Direct	340	110	54	6	2
IEE Xplore	455	312	120	50	10
EBSCOhost Library	180	100	70	45	2
ACM DIGITAL LIBRARY	452	120	90	40	5
Total	1427	642	334	141	38

4.3 **Análisis bibliométrico (E. Análisis bibliométrico)**

Preguntas Bibliométricas

¿Cuál es la cantidad de publicaciones relacionadas al tema?

Referente a la cantidad de publicaciones que se relacionan al tema, durante el intervalo del tiempo de investigación se utilizó los criterios de selección de artículos de estudio que se muestran en la tabla 8 mostrando como resultado final 23 artículos relacionados al tema. de los cuales un 80 % del contenido se acomoda a las necesidades de investigación de este artículo y un 15 % que se asemeja al título de investigación de este artículo. Y un 5% de contenido poco aplicable al tema.



Figura 7 Cantidad de publicaciones relacionados, elaborado por los autores

¿Cuáles son los criterios de selección de las herramientas y métodos para poder predecir una complicación cardíaca?

A través de la extracción de la información de los artículos, se pudo encontrar diferentes tipos de herramientas aplicados para la predicción de complicaciones cardíacas, Se puede observar en la Fig. X que el Electrocardiograma (ECG) predomina en la investigación del artículo como la herramienta más aplicada por la precisión de información de las patologías cardíacas. Por otra parte las bases de dato clínicos son una herramienta que ayuda significativamente en la aplicación de las técnicas mencionadas en este artículo, los dispositivos por su lado juegan un papel importante siendo una herramienta viable y económica que se puede utilizar en el propósito de esta investigación y por último los wearables que cuentan con limitaciones de precisión creando falsos positivos en algunas patologías cardíacas, pero siendo un método menos invasivo que los anteriores mencionados.



*Figura 8 Muestra herramientas más utilizadas,
Elaborado por los autores*

¿Cuáles son las publicaciones en las que se han encontrado estudios relacionados al tema?

En la Tabla 11 se muestran las publicaciones de donde se han extraído los artículos seleccionados. al analizar se puede observar que todos los artículos publicados no existen recurrencias de publicaciones en los dominios. Estos dominios seleccionados contienen la mayoría de información más relevante relacionada con el trabajo de investigación tales como: Comparative Study of Heart Disease Diagnosis Using Top Ten Data Mining Classification Algorithms, A Review of Wearable Heart Rate Sensors in Research, A Vision for Heart Rate Health Through Wearables, Inducement of Multivariate factors in Cardiac Disease Prediction with Machine Learning Techniques substantiated with Analytics, Early Prediction of Cardiac Arrest (Code Blue) using Electronic Medical Records, entre otros.

Tabla 11 se muestran las publicaciones en las cuales se a recurrido para extraer la información de los artículos seleccionados.

Título de la Publicación	Canti dad
Comparative Study of Heart Disease Diagnosis Using Top Ten Data Mining Classification Algorithms	1
A Review of Wearable Heart Rate Sensors in Research	1
A Vision for Heart Rate Health Through Wearables	1
Inducement of Multivariate factors in Cardiac Disease Prediction with Machine Learning Techniques substantiated with Analytics	1

Early Prediction of Cardiac Arrest (Code Blue) using Electronic Medical Records	1
Machine Learning Techniques for Heart Disease Datasets: A Survey	1
Wearables in cardiology: Here to stay. (English) By: Dagher L; Shi H; Zhao Y; Marrouche NF, Heart rhythm [Heart Rhythm], ISSN: 1556- 3871, 2020 May;	1
Prediction of hospitalization due to heart diseases by supervised learning methods	1
Analysis and classification of heart diseases using heartbeat features and machine learning algorithms	1
Early Detection of Heart Syndrome Using Machine Learning Technique	1
	1
Heart Block Prediction using Data mining and Machine Learning	
A Smart Wireless Ear-Worn Device for Cardiovascular and Sweat Parameter Monitoring During Physical Exercise: Design and Performance Results	1
A Survey on Predicting Heart Disease using Data Mining Techniques	1
Analytical Study of Heart Disease Diagnosis Using Classification Techniques	1
Heart Function Monitoring, Prediction and Prevention of Heart Attacks: Using Artificial Neural Networks	1
Smartphone Based Ischemic Heart Disease (Heart Attack) Risk Prediction using Clinical Data and Data Mining Approaches, a Prototype Design	1
Towards comparing and using Machine Learning techniques for detecting and predicting Heart Attack and Diseases	1

An Intelligent Real-time Heart Diseases Diagnosis Algorithm	1
A Cloud Based Four-Tier Architecture for Early Detection of Heart Disease with Machine Learning Algorithms	1
Wearable Cardiorespiratory Monitoring Device for Heart Attack Prediction	1
Identification of significant features and data mining techniques in predicting heart disease	1
Machine Learning for predicting death heart attacks from CCTA	1

Sintetizar los datos extraídos Luego de la ejecución de la RSL según el procedimiento definido en la sección III del presente estudio, se seleccionaron un total de 23 artículos en los que se presentan una serie de técnicas y herramientas para de predicción de complicaciones cardíacas. La lista de las técnicas y herramientas encontradas están en la tabla [11] donde se muestra en nombre de la técnica, variables de entrada;

Tabla 12 Lista de Técnicas y Herramientas para predicción de complicaciones cardíacas.

Nombre	Algoritmo Clasificación	Técnica
C4.5	Supervisado	Minería de Datos
AdaBoost	Supervisado	Minería de Datos
Bayes ingenuo	Supervisado	Minería de Datos
Bootstrap aggregating	Supervisado	Minería de Datos
Logistic regression	Supervisado	Minería de Datos
Support Vector Machine (SVM)	Supervisado	Machine Learning
Neural Networks (RN)	Supervisado	Machine Learning

Decision Trees (AD)	Semi-supervisado	Machine Learning
FuzzyLogic(Logica difusa)	Supervisado	Machine Learning
kNN	No supervisado	Machine Learning
Random Forest	No supervisado	Machine Learning
Ensembles(Técnica conjuntos)	No supervisado	Machine Learning

4.4 Preguntas de investigación

A) ¿Qué herramientas y técnicas existen para poder predecir complicaciones cardiacas?

En base a los resultados obtenidos aplicando el RSL que se sometió a nuestro tema de investigación, se logró encontrar las siguientes herramientas y qué técnicas más aplicadas basados en los artículos.

Tabla 13 Tabla de Herramientas y las técnicas aplicadas

Herramienta	Técnicas Aplicadas	Precisión	Invasivo
ECG	Minería de datos	9	8
Dispositivos Open Source	Machine Learning	7	9
Base de Datos Clínicos	Minería de Datos	8.5	4
Wearables	Machine Learning	5	3

En la tabla 13 se muestra un listado de herramientas encontrados a lo largo de la investigación y que técnicas aplican a ellas para lograr el diagnóstico o predicción de una enfermedad cardiaca, así mismo a base de lo que se menciona en los distintos artículos se catalogó la precisión y cuan invasivo (Procedimiento médico que supone la introducción física al organismo de un cuerpo extraño) es el método entre rango numéricos del 1 al 10 siendo 1 el menor valor catalogado menos invasivo y 10 catalogado como muy invasivo [50] teniendo en consideración que estos resultados son suficientes y ayudarían en gran forma en una futura investigación o implementación de tales técnicas que se aplica en base a los datos mencionados en distintos artículos y en donde los que más resaltan son los electrocardiogramas aplicando las técnicas tales como: minería de datos, mostrando un resultado de mayor precisión ya la vez en la parte invasiva siendo limitante.

B) ¿Cuáles son los Wearables existentes para la recolección de información de complicaciones cardiacas?

Una de las cualidades encontrados en los distintos artículos mencionan que los wearables son métodos no invasivos para poder realizar un diagnóstico oportuno, pero existe algunas limitaciones en usar los wearables como método principal de diagnóstico ya que solo puede abarcar enfermedades cardiovasculares en un nivel primario y enfermedades que no involucren un riesgo alto en cuanto a la supervisión de los médicos, entre las enfermedades cardiovasculares que si se puede controlar mediante estos métodos son las Arritmias, Bradicardia, Angina. Uno de los métodos que plantea una detección oportuna es una Arquitectura mediante un wearable usando el dispositivo Smartwatch, y un aplicativo intermediario para la recolección de los datos y la aplicación de una de las técnicas mencionadas.

Existen otros dispositivos que se pueden utilizar para este propósito que es la recolección de información en base de los parámetros necesarios para un diagnóstico oportuno, entre ello tenemos los dispositivos OpenSource que en base de una arquitectura electrónica y sensores necesarios se puede elaborar dicha herramienta, uno de los puntos no tan positivos que se menciona sobre los dispositivos OpenSource son la forma en cómo estos dispositivos se aplican llegando a ser un poco más invasivos para los pacientes que los wearables anteriormente mencionados, cabe precisar que estos dispositivos pueden lograr una precisión mucho mayor que los wearables y abarcar muchas más patologías coronarias. En base a esta RSL se logró identificar que existe una brecha en donde se pueda elegir a criterio un dispositivo wearable que pueda cubrir las necesidades de recolección de parámetros clínicos ya que tales wearables se encuentren en un ecosistema cerrado limitando la recolección de información. Entonces por tales motivos la libre elección de un dispositivo wearable para una futura investigación denotará un criterio importante a tener en cuenta.

C) ¿Cuáles son los algoritmos de Machine Learning para la detección de complicaciones cardiacas?

Se clasificaron las técnicas encontradas en Técnicas de Machine Learning y Técnicas de Minerías de datos lo cual se detalla más en la (tabla 11).

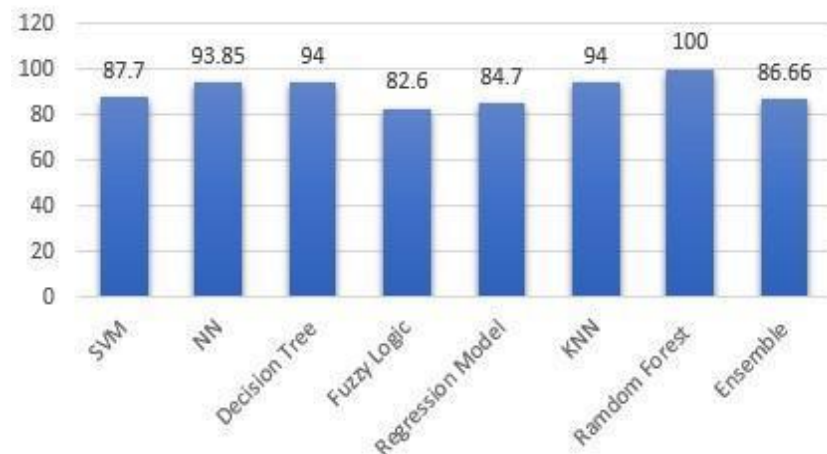


Figura 9 Muestra de diferentes algoritmos y técnicas en investigaciones más recientes relacionados al tema

En la **figura 9** se muestra los resultados de desempeño de los siguientes algoritmos en base de los artículos revisados según la SRL, Uno de los algoritmos que tuvo mejor desempeño en la aplicación de las distintas herramientas de recolección de información para el diagnóstico oportuno es Random Forest cuya precisión alcanza un 100%, Uno de los algoritmos que destaca en el desempeño en base a las entradas mencionadas en la tabla (ECG parámetros) , continuación a ello hay dos algoritmos que cuya precisión son similares de un 94% KNN y Decision Tree. Dentro los demás algoritmos tuvieron mejor una precisión relevantes para una futura investigación distinto a otros que no se menciona en la tabla [50] teniendo estos resultados se puede mencionar que existe una gama de algoritmos que pueden dar un precisión muy alta en cuanto a una predicción cardiacas lo cual resulta un criterio importante a tener en cuenta para futuras investigaciones.

5 Conclusiones

Para recopilar las diferentes fuentes, debidamente seleccionadas, y que se relacionen a la investigación fue necesario la RSL, por otra parte, fue muy necesaria aplicar el método de búsqueda PICO, que fue el punto de apoyo para poder elaborar las preguntas de investigación y de la literatura.

Para plantear un modelo que se adecua a las necesidades del diagnóstico o predicción de una enfermedad cardiovascular ya sea mediante un método invasivo o no invasivo se debe considerar sobre todo el procesamiento de los parámetros de entrada y esto involucra tener un poco la ayuda del experto de tema para orientar a las técnicas y herramientas a aplicar.

Cabe mencionar que las técnicas encontradas como [49] consiste en información de parámetros necesarias para un diagnóstico oportuno y un pre procesamiento a base de expertos, la técnica aplicada en tal artículo es el SVM cuyo anterior resultado es mencionado como uno de los algoritmos que mejor destaca en la precisión del diagnóstico.

En base a nuestras preguntas teóricas teniendo en consideración que estos resultados son suficientes y ayudarían en gran forma en una futura investigación o implementación de tales técnicas que se aplica en base a los datos mencionados en distintos artículos y en donde los que más resaltan son los electrocardiogramas aplicando las técnicas tales como: minería de datos, mostrando un resultado de mayor precisión ya la vez en la parte invasiva siendo limitante.

En base a esta RSL se logró identificar que existe una brecha en donde se pueda elegir a criterio un dispositivo wearable que pueda cubrir las necesidades de recolección de parámetros clínicos ya que tales wearables se encuentren en un ecosistema cerrado limitando la recolección de información. Entonces por tales motivos la libre elección de un dispositivo wearable para una futura investigación denotará un criterio importante a tener en cuenta.

teniendo estos resultados se puede mencionar que existe una gama de algoritmos que pueden dar una precisión muy alta en cuanto a una predicción cardiacas lo cual resulta un criterio importante a tener en cuenta para futuras investigaciones.

Referencias

- [1] A. Soto, “Barriers to effective care in the referral hospitals of Peru’s ministry of health: Serving patients in the 21st century with 20th century resources,” *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica*, vol. 36, no. 2, pp. 304–311, Jun. 2019, doi: 10.17843/rpmesp.2019.362.4425.
- [2] O. Lazo-Gonzales and A. Santivañez-Pimentel, “Atención de salud con calidad,” *Cons. Reg. III Lima Col. Médico del Perú*, vol. PRIMERA ED, pp. 1–210, 2018, [Online]. Available: <http://cmplima.org.pe/wp-content/uploads/2018/06/Libro-Atencion-salud-calidad.pdf>.
- [3] M. E. Kruk *et al.*, “High-quality health systems in the Sustainable Development Goals era: time for a revolution,” *Lancet Glob. Heal.*, vol. 6, no. 11, pp. e1196–e1252, 2018, doi: 10.1016/S2214-109X(18)30386-3.
- [4] R. Negroni, “Histoplasmosis en América Latina,” *Biomedica*, vol. 31, no. 3, p. 304, 2011, doi: 10.7705/biomedica.v31i3.597.
- [5] S. Badaro, L. J. Ibañez, and M. Agüero, “SISTEMAS EXPERTOS: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones,” *Cienc. y Tecnol.*, vol. 1, no. 13, pp. 349–364, 2013, doi: 10.18682/cyt.v1i13.122.
- [6] K. V. Digitalvision and G. Images, “¿ Es inevitable la alta presión arterial? He aquí cómo mantenerla bajo control,” [Online]. Available: <https://www.heart.org/en/news/2020/05/18/esinevitable-la-alta-presion-arterial-he-aqui-como-mantenerla-bajo-control>.
- [7] H. D. White, K. Thygesen, J. S. Alpert, and A. S. Jaffe, “Clinical implications of the Third Universal Definition of Myocardial Infarction,” *Heart*, vol. 100, no. 5, pp. 424–432, 2014, doi: 10.1136/heartjnl-2012-302976.
- [8] D. Mozaffarian *et al.*, *Heart disease and stroke statistics-2015 update : A report from the American Heart Association*, vol. 131, no. 4. 2015.
- [9] H. Jneid, M. Alam, S. S. Virani, and B. Bozkurt, “Redefining myocardial infarction: what is new in the ESC/ACCF/AHA/WHF Third Universal Definition of myocardial infarction?,” *Methodist DeBakey cardiovascular journal*, vol. 9, no. 3. Methodist DeBakey Cardiovasc J, pp. 169–172, 2013, doi: 10.14797/mdcj-9-3-169.
- [10] B. I. O. M. A. R. Kers, F. Ma, C. O. Lo, and G. I. Cal, “Tercera definición universal de infarto de miocardio. Implicancias en la práctica clínica,” *Rev. Uruguaya Cardiol.*, vol. 28, no. 3, pp. 403–411, 2013.
- [11] C. H. Defects, “Cardiopatías Congénitas,” vol. 36, no. 5, pp. 179–180, 2009.
- [12] S. Baumann *et al.*, “Pitfalls in accelerometer-based measurement of physical activity: The presence of reactivity in an adult population,”

Scand. J. Med. Sci. Sport., vol. 28, no. 3, pp. 1056–1063, 2018, doi: 10.1111/sms.12977.

- [13] M. del C. Expósito Gallardo and R. Ávila Ávila, “Aplicaciones de la inteligencia artificial en la Medicina: perspectivas y problemas,” *Acimed*, vol. 17, no. 5, pp. 0–0, 2008.
- [14] T. Hsueh and E. Oliveira, “Artificial Intelligence: An Overview,” *Cut. Edge Technol. Microcomput. Appl. Dev. Ctries.*, pp. 61–65, 2019, doi: 10.4324/9780429042522-6.
- [15] M. J. Ramirez Quintana, “Introducción a la minería de datos .” https://www.abebooks.com/servlet/BookDetailsPL?bi=30571196640&cm_ven=sws&cm_cat=sws&cm_pla=sws&cm_ite=30571196640&clickid=zMOwElRu3xyORYgwUx0Mo3IRUkiUZuzrRSx9S00&cm_mmc=aff_-_ir_-_353196_-_77798&ref=imprad353196&afn_sr=impact (accessed Jul. 08, 2020).
- [16] I. K. A. Enriko, “Comparative study of heart disease diagnosis using top ten data mining classification algorithms,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, pp. 159–164, 2019, doi: 10.1145/3338188.3338220.
- [17] M. I. Q. Espejo, “SISTEMA EXPERTO PARA EL DIAGNOSTICO DE LA ENFERMEDAD CORONARIA (ISQUEMIA) POSTULANTE: Maritza Irma Quisbert Espejo TUTOR METODOLOGICO: M . Sc Miguel Cotaña Mier ASESOR : M . Sc Franz Cuevas Quiroz,” vol. I, p. 72, 2013.
- [18] “Mortality risk assessment for ICU patients using logistic regression - IEEE Conference Publication.” <https://ieeexplore.ieee.org/document/6420438> (accessed Jul. 08, 2020).
- [19] J. . Banu G.Rasitha, Bousal jamala, “Heart Attack prediction using Data mining technique,” vol. 1, no. January, 2017.
- [20] “Clasificación kNN de documentos usando GPU,” *Comput. y Sist.*, vol. 15, no. 1, pp. 63–77, 2011, doi: 10.13053/cys-15-1-1294.
- [21] W. H. Hsu, *Emerging methods in predictive analytics: Risk management and decision-making*. IGI Global, 2015.
- [22] Management Solutions, “Machine Learning, una pieza clave en la transformación de los modelos de negocio,” p. 44, 2018, [Online]. Available: <https://www.managementsolutions.com/sites/default/files/publicaciones/esp/machinelearning.pdf>.
- [23] R. Kavitha and E. Kannan, “An efficient framework for heart disease classification using feature extraction and feature selection technique in data mining,” Oct. 2016, doi: 10.1109/ICETETS.2016.7603000.
- [24] M. Shouman, T. Turner, and R. Stocker, “Integrating clustering with different data mining techniques in the diagnosis of heart disease,” *J. Comput. Sci. Eng.*, vol. 20, no. 1, 2013.

- [25] “C4.5: Programs for Machine Learning - J. Ross Quinlan - Google Libros.”
https://books.google.com.pe/books?id=HExnepjbYroC&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22J.+Ross+Quinlan%22&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiIhv_Kgb_qAhUGHrkGHRHDJAQ6AEwAHoECAAQA#v=onepage&q&f=false (accessed Jul. 08, 2020).
- [26] C. L. Hernández García and J. E. Rodríguez Rodríguez, “Hybrid algorithm based machine learning for missing data management applications OLAP,” *Ingeniare*, vol. 24, no. 4, pp. 628–642, 2016, doi: 10.4067/s0718-33052016000400008.
- [27] J. R. Quinlan, “ALGORITMO ID3 Objetivo Inconveniente,” 1983.
- [28] X. Wu *et al.*, “Top 10 algorithms in data mining,” *Knowl. Inf. Syst.*, vol. 14, no. 1, pp. 1–37, Jan. 2008, doi: 10.1007/s10115-007-0114-2.
- [29] I. Cantador, “Aplicación de Perceptrones Paralelos y AdaBoost a Problemas de Clasificación Desequilibrados,” 2005.
- [30] A. Parisi, F. Parisi, and D. Díaz, “Modelos de algoritmos genéticos y redes neuronales en la predicción de índices bursátiles asiáticos,” *Cuad. Econ. - Lat. Am. J. Econ.*, vol. 43, no. 128, pp. 251–284, 2006, doi: 10.4067/S0717-68212006000200002. [31] C. José, “Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92502902>,” 2006. [32] C. N. Bouza, “modelos de análisis estadístico,” no. January, 2018, doi: 10.13140/RG.2.2.22087.80801.
- [33] A. Lipson, S. . Lipson, and H. Lipson, “Algoritmo-Diagnostico de algunas Cardiopatías Congénitas,” *Cambridge Univ. Press*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [34] Y. Khan, U. Qamar, N. Yousaf, and A. Khan, “Machine learning techniques for heart disease datasets: A survey,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, vol. Part F1481, pp. 27–35, 2019, doi: 10.1145/3318299.3318343.
- [35] E. H. Syed, N. Sciences, and M. Sciences, “Heart Rate Variability analysis as a tool for assessing the effects of chi meditation on cardiovascular regulation,” *Rev. Cuba. Informática Médica*, vol. 9, no. 1, pp. 30–43, 2017.
- [36] R. M. Nicieza, “Detección de isquemia de miocardio y estudio de la respuesta autónoma asociada mediante procesamiento de la señal de ecg,” 2016.
- [37] C. O. Chávez Alfonso and O. A. Centurión, “Epidemiological concepts, diagnostic and pharmacological management of chronic congestive heart failure,” *Rev. Virtual la Soc. Paraguaya Med. Interna*, vol. 6, no. 1, pp. 75–85, 2019, doi: 10.18004/rvspmi/23123893/2019.06(01)75-085.
- [38] R. V. Ortiz, “Sistema experto basado en lógica difusa tipo 1 para determinar el grado de riesgo de preeclampsia,” *Inge-Cuc*, vol. 10, no. 1, pp. 43–50, 2014.

- [39] R. F. Medina-Merino and C. I. Ñique-Chacón, “Bosques aleatorios como extensión de los árboles de clasificación con los programas R y Python,” *Interfases*, vol. 0, no. 010, p. 165, 2017, doi: 10.26439/interfases2017.n10.1775. [40] CENETEC, *Volumen 3: Telemedicina*. 2007.
- [41] R. Silipo and C. Marchesi, “Artificial Neural Networks for automatic ECG analysis,” pp. 1–30.
- [42] D. Teichmann, A. Kuhn, S. Leonhardt, and M. Walter, “The main shirt: A textile-integrated magnetic induction sensor array,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 14, no. 1, pp. 1039–1056, 2014, doi: 10.3390/s140101039.
- [43] R. Albaghli and K. M. Anderson, “A vision for heart rate health through wearables,” *UbiComp 2016 Adjunct. - Proc. 2016 ACM Int. Jt. Conf. Pervasive Ubiquitous Comput.*, pp. 1101–1105, 2016, doi: 10.1145/2968219.2972715.
- [44] P. Sasidharan, T. Rajalakshmi, and U. Snehalatha, “Wearable cardiorespiratory monitoring device for heart attack prediction,” *Proc. 2019 IEEE Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2019*, pp. 54–57, 2019, doi: 10.1109/ICCSP.2019.8698059.
- [45] A. Ku, R. Balamurugan, K. C. Deepak, and K. Sathish, “Heartbeat Sensing and Heart Attack Detection using Internet of Things : IoT,” *SSRN Electron. J.*, vol. 7, no. 4, pp. 6662–6666, 2017.
- [46] C. Mamédio, M. Roberto, and C. Nobre, “the Pico Strategy for the Research Question,” *Rev. latino-am Enferm.*, vol. 15, no. 3, pp. 1–4, 2007, doi: 10.1590/S0104-11692007000300023.
- [47] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman, “Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 51, no. 1, pp. 7–15, 2009, doi: 10.1016/j.infsof.2008.09.009.
- [48] “Historia y evolución de la Inteligencia Artificial.” <https://es.scribd.com/read/286701524/Historia-y-evolucion-de-la-Inteligencia-Artificial> (accessed Jul. 08, 2020).
- [49] R. U. Khan, T. Hussain, H. Quddus, A. Haider, A. Adnan, and Z. Mehmood, “An intelligent real-time heart diseases diagnosis algorithm,” *2019 2nd Int. Conf. Comput. Math. Eng. Technol. iCoMET 2019*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/ICOMET.2019.8673506.
- [50] Khan, Younas Qamar, Usman Yousaf, Nazish Khan, Aimal “Machine learning techniques for heart disease datasets: A survey,” *2019 2nd ACM International Conference Proceeding Series*, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1145/3318299.3318343.
- [51] P. Sasidharan, T. Rajalakshmi, and U. Snehalatha, “Wearable cardiorespiratory monitoring device for heart attack prediction,” *Proc. 2019 IEEE Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2019*, pp. 54–57, 2019, doi: 10.1109/ICCSP.2019.8698059.
- [52] P. Sasidharan, T. Rajalakshmi, and U. Snehalatha, “Wearable cardiorespiratory monitoring device for heart attack prediction,”

Proc. 2019 IEEE Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2019, pp. 54–57, 2019, doi: 10.1109/ICCSP.2019.8698059.

- [53] R. F. Binyousef, A. M. Al-Gahmi, Z. R. Khan, and E. Rawah, “A rare case of Erdheim-Chester disease in the breast,” *Ann. Saudi Med.*, vol. 37, no. 1, pp. 79–83, 2017, doi: 10.5144/0256-4947.2017.79.
- [54] B. Kitchenham, O. Pearl Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey, and S. Linkman, “Systematic literature reviews in software engineering - A systematic literature review,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 51, no. 1, pp. 7–15, 2009, doi: 10.1016/j.infsof.2008.09.009.
- [55] D. K. Ravish, K. J. Shanthi, N. R. Shenoy, and S. Nisargh, “Heart function monitoring, prediction and prevention of heart attacks: Using artificial neural networks,” *Proc. 2014 Int. Conf. Contemp. Comput. Informatics, IC3I 2014*, pp. 1–6, 2014, doi: 10.1109/IC3I.2014.7019580.