



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE MINERÍA DE DATOS PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE TRATAMIENTOS MÉDICOS Y GENERACIÓN
DE INDICADORES BÁSICOS DE SALUD DE LA POBLACIÓN GUATEMALTECA**

Federico Alberto Alvarez Véliz

Asesorado por el Ing. Herman Igor Véliz Linares

Guatemala, febrero de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE MINERÍA DE DATOS PARA LA
DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE TRATAMIENTOS MÉDICOS Y GENERACIÓN
DE INDICADORES BÁSICOS DE SALUD DE LA POBLACIÓN GUATEMALTECA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FEDERICO ALBERTO ALVAREZ VÉLIZ
ASESORADO POR EL ING. HERMAN IGOR VÉLIZ LINARES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS

GUATEMALA, FEBRERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García (a. i.)
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Fernández Cáceres
EXAMINADOR	Ing. Edgar Estuardo Santos Sutuj
EXAMINADOR	Ing. William Estuardo Escobar Argueta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE MINERÍA DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE TRATAMIENTOS MÉDICOS Y GENERACIÓN DE INDICADORES BÁSICOS DE SALUD DE LA POBLACIÓN GUATEMALTECA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha 15 de agosto de 2018.



Federico Alberto Alvarez Véliz

Guatemala 21 de enero de 2019


Ingeniero
Carlos Alfredo Azurdia
Coordinador de Privados y Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ciencias y Sistemas
Facultad de Ingeniería

Respetable In. Azurdia:

Por esto medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **FEDERICO ALBERTO ALVAREZ VÉLIZ**, con número de carnet **201114612**, titulado: **"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE MÍNERIA DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE TRATAMIENTOS MÉDICOS Y GENERACIÓN DE INDICADORES BÁSICOS DE SALUD DE LA POBLACIÓN GUATEMALTECA"**, y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos al inicio del trabajo, por lo que procedo a dar mi aprobación.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,



Herman Igor Veliz Linares
Ingeniero en Ciencias y Sistemas
Colegiado No. 4836
Asesor de Trabajo de Graduación

Ing. Herman Igor Veliz Linares
COLEGIADO No. 4836



Universidad San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 30 de enero de 2019


Ingeniero
Marlon Antonio Pérez Türk
Director de la Escuela de Ingeniería
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **FEDERICO ALBERTO ALVAREZ VÉLIZ** con carné **201114612** y CUI **2311 96245 0609** titulado **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE MÍNERIA DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE TRATAMIENTOS MÉDICOS Y GENERACIÓN DE INDICADORES BÁSICOS DE SALUD DE LA POBLACIÓN GUATEMALTECA”** y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo aprobado.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,


Ing. Carlos Alfredo Azurdia
Coordinador de Privados
y Revisión de Trabajos de Graduación



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS Y SISTEMAS
TEL: 24188000 Ext. 1534

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE MINERÍA DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE TRATAMIENTOS MÉDICOS Y GENERACIÓN DE INDICADORES BÁSICOS DE SALUD DE LA POBLACIÓN GUATEMALTECA”**, realizado por el estudiante **FEDERICO ALBERTO ALVAREZ VÉLIZ** aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Mardon Antonio Pérez Türk
Director

Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas



Guatemala, 28 de febrero de 2019



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas del trabajo de graduación titulado: **“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE MINERÍA DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE TRATAMIENTOS MÉDICOS Y GENERACIÓN DE INDICADORES BÁSICOS DE SALUD DE LA POBLACIÓN GUATEMALTECA”** presentado por el estudiante universitario: **Federico Alberto Alvarez Véliz** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, Febrero de 2019

/echm

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Mirna Judith Véliz Martínez y Luddin Federico Alvarez Duarte, únicos responsables y artífices de este triunfo.

Mis hermanas

Mirna Liseth, Nelly Gabriella y Victoria Alvarez, por ser parte importante de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por abrirme las puertas y permitirme formar parte de tan prestigiosa casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme los conocimientos académicos en mi formación como profesional.

Mi madre

Por todo el apoyo, confianza y sacrificio incuantificables e invaluable.

Mi padre

Por todo el sacrificio y esfuerzo durante tantos años para que este logro fuera posible.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Medicina	1
1.1.1. Propedéutica clínica	1
1.1.2. Proceso de diagnóstico	2
1.1.3. Tratamiento médico	2
1.1.4. Organización Mundial de la Salud	3
1.1.5. Estadísticas sanitarias mundiales.....	3
1.1.6. Mecanismos de recolección de datos en Guatemala	4
1.2. Tecnologías de la información en la actualidad.....	5
1.2.1. Minería de datos	5
1.2.2. Limitaciones de la minería de datos	6
1.2.3. Dispositivos móviles	7
1.2.4. <i>Smarthphone</i>	7
1.2.5. Sistema operativo móvil.....	7
1.2.6. Computación en la nube.....	8
1.2.6.1. Modelos de provisión de servicio	8
1.2.6.2. Modelos de implementación	9

	1.2.6.3.	Lógica de intercambio de información entre aplicaciones	11
	1.2.7.	Bases de datos NoSQL	12
	1.2.8.	Sistemas de monitorización y control	13
	1.2.9.	Sistemas de monitorización.....	13
	1.2.10.	Sistemas de control.....	13
	1.2.11.	Aplicación de las tecnologías de la información a la medicina	13
	1.2.12.	Telemedicina	14
	1.2.13.	Telemedicina en Latinoamérica.....	15
	1.2.14.	El rol de la minería de datos en el sector sanitario.....	15
2.		ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA	17
	2.1.	Visión	17
	2.2.	Resumen del producto	19
	2.2.1.	Integración y recopilación.....	19
	2.2.2.	Plataforma web	23
	2.3.	Requerimientos del sistema	24
	2.3.1.	Requerimientos funcionales	24
	2.3.1.1.	Requerimientos funcionales para la aplicación móvil	25
	2.3.1.2.	Requerimientos funcionales para la plataforma web.....	26
	2.3.2.	Requerimientos no funcionales	27
	2.3.2.1.	Requerimientos no funcionales para aplicación móvil	27
	2.3.2.2.	Requerimientos no funcionales, plataforma web.....	28

2.4.	Arquitectura	29
3.	ASPECTOS DE IMPLEMENTACIÓN.....	31
3.1.	Cliente móvil	31
3.1.1.	Desarrollo	31
3.1.2.	Componentes del cliente móvil	32
3.1.3.	Interfaz gráfica de usuario	33
4.	PROPUESTA DEL SISTEMA.....	39
4.1.	Sondeo de la interpretación del sistema.....	39
4.2.	Encuesta sobre interpretación del sistema	39
4.3.	Descripción.....	39
4.4.	Preguntas y resultados	40
	CONCLUSIONES	57
	RECOMENDACIONES	59
	BIBLIOGRAFÍA.....	61
	APÉNDICE.....	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de nube pública.....	9
2.	Esquema de nube privada	10
3.	Esquema de nube comunitaria.....	10
4.	Esquema de nube híbrida	11
5.	Descomposición en capas de un <i>middleware</i>	12
6.	Fases del proceso <i>knowledge discovery in database</i> (KDD)	18
7.	Cuota de consumo de sistemas operativos móviles a nivel mundial....	20
8.	Módulo de sincronización.....	21
9.	Interfaz de solicitud de condición de salud.....	22
10.	Interfaz de envío de mensaje del paciente al doctor	23
11.	Diagrama de casos de uso aplicación móvil	25
12.	Diagrama casos de uso plataforma web	27
13.	Distribución de componentes del sistema en la arquitectura de 3 capas	30
14.	IDE en que se desarrolló la aplicación	31
15.	Relación entre componentes de la aplicación	33
16.	Captura de pantalla, interfaz de menú	34
17.	Captura de pantalla, interfaz de sincronización.....	35
18.	Captura de pantalla, interfaz cuestionario	36
19.	Captura de pantalla, interfaz mensajería.....	37
20.	Porcentajes de respuestas a la pregunta número 1	40
21.	Porcentajes de respuesta a la pregunta número 2.....	41
22.	Porcentajes de respuesta a la pregunta número 3.....	42

23.	Porcentajes de respuesta a la pregunta número 4	43
24.	Porcentajes de respuesta a la pregunta número 5	44
25.	Porcentaje de respuesta a la pregunta número 6	45
26.	Porcentaje de respuesta a la pregunta número 7	46
27.	Porcentaje de respuesta a pregunta número 8.....	47
28.	Porcentaje de respuesta a la pregunta número 9	48
29.	Porcentaje de respuesta a la pregunta número 10	49
30.	Porcentaje de respuesta a la pregunta núm. 11	50
31.	Porcentaje de respuesta a la pregunta número 12	51
32.	Porcentaje de respuesta a la pregunta número 13	52
33.	Porcentaje de respuesta a la pregunta número 14	53
34.	Porcentaje de respuesta a la pregunta número 15	54

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje

GLOSARIO

Arquitectura de software	Conjunto de patrones y abstracciones coherentes que proporcionan el marco de referencia necesario para guiar la construcción del software para un sistema de información.
Base de datos	Conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso.
Campo	En informática, espacio de almacenamiento para un dato en particular.
Comando	Instrucción u orden que el usuario proporciona a un sistema informático.
Componente	Elemento de un sistema de software que ofrece un conjunto de servicios, o funcionalidades, a través de interfaces definidas.
Estimación estadística	Conjunto de técnicas que permiten dar un valor aproximado de un parámetro de una población a partir de los datos proporcionados por una muestra.
Juicio clínico	Evaluación del conjunto de síntomas y signos de un paciente, con datos proporcionados por pruebas

complementarias, para hacer una estimación sobre el estado del enfermo y el tratamiento más adecuado.

Morbilidad

Cantidad de personas que enferman en un lugar y un periodo de tiempo determinados en relación con el total de la población.

Mortalidad

Cantidad de personas que mueren en un lugar y un periodo de tiempo determinados en relación con el total de la población.

Paciente

Sujeto que recibe los servicios de un médico u otro profesional de la salud y se somete a un examen, a un tratamiento o a una intervención.

Repositorio

Sitio centralizado donde se almacena y mantiene información digital.

Trazabilidad

Serie de procedimientos que permiten seguir el proceso de evolución de un producto en cada una de sus etapas.

RESUMEN

Actualmente, existen aplicaciones que ayudan a profesionales de la medicina en la gestión de la información relacionada con pacientes. Sin embargo, estas aplicaciones no interactúan de manera directa con el paciente, limitándose únicamente a la gestión de la información. Después de establecer el diagnóstico y realizar la administración de uno o más medicamentos, el doctor no obtiene una retroalimentación en tiempo real acerca de la evolución sintomática del paciente. Esta retroalimentación se obtiene hasta que el paciente se presenta nuevamente a la clínica, para indicar que el tratamiento establecido en el pasado por el doctor no ha tenido resultado o han evolucionado nuevos síntomas; de ser exitoso el tratamiento fijado al inicio del proceso, el paciente muy probablemente no se presentará nuevamente para indicar que ha mejorado, lo cual genera incertidumbre en el profesional de la medicina.

El objetivo principal de realizar el caso de estudio es determinar como un sistema informático puede contribuir a mejorar la relación paciente doctor, mediante el diseño de una aplicación móvil y una plataforma que proponga la minería de datos y el análisis predictivo como herramienta para reducir la brecha entre el tratamiento médico indicado y su efectividad.

El sistema es planteado a través de encuestas a un conjunto de médicos quienes responden a diferentes interrogantes las cuales sirven como base; además, de un análisis técnico para determinar qué elementos son viables a la hora de implementar una plataforma de minería de datos enfocada a contribuir al sistema de salud pública de Guatemala.

OBJETIVOS

General

Determinar cómo un sistema informático puede contribuir a mejorar la relación paciente doctor, mediante el diseño de una aplicación móvil y una plataforma que proponga la minería de datos y el análisis predictivo como herramienta para reducir la brecha entre el tratamiento médico indicado y su efectividad.

Específicos

1. Determinar la utilidad y ventaja que un médico guatemalteco percibe en una plataforma nacional que centralice datos de salubridad de la población guatemalteca.
2. Diseñar un sistema centralizador de datos que mediante modelos predictivos determine la efectividad de un tratamiento médico y sea capaz de generar estadísticas sanitarias básicas de la población guatemalteca.
3. Investigar la forma como son recolectados y generados los datos estadísticos en los que se basan las instituciones públicas y organizaciones internacionales para realizar análisis acerca de la gestión y prevención en temas de sanidad.

4. Proponer una plataforma nacional de recolección de datos en tiempo real, que refleje las distintas enfermedades que se desarrollan en cierto sector de la población.

INTRODUCCIÓN

La recolección de datos acerca de la epidemiología de las enfermedades en Guatemala está a cargo del Ministerio de Salud, cuyo proceso está limitado por la información que recolectan los departamentos de estadística de cada hospital nacional; por lo tanto, no se tiene un dato exacto acerca de las enfermedades que padece la población que no acude a un centro asistencial público. No existe en Guatemala una plataforma que centralice los datos estadísticos de las enfermedades que la población padece; se pierden así las grandes ventajas de conocer dicha información (en aspectos económicos, políticos y sobre todo en materia de salud y prevención).

Guatemala es un estado miembro de la Organización Mundial de la Salud (OMS) la cual publica informes analíticos sobre la situación actual y las tendencias de temas de salud prioritarios; el hecho de que no existe un banco de datos en tiempo real en países cuya infraestructura en sistemas de información es débil en los sectores de salud (como Guatemala) pone en duda la veracidad y el alcance de los análisis y las conjeturas realizadas por la OMS.

El presente trabajo de graduación contiene un análisis de como el crecimiento en la adopción y el uso de los teléfonos inteligentes representa una oportunidad para reducir los márgenes de incertidumbre existentes en los temas de sanidad pública, a través de la estandarización de un sistema de recolección de datos en tiempo real, con la ayuda de aplicaciones en dispositivos móviles que obliguen a un paciente a generar un informe acerca de la evolución de sus síntomas.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Medicina

Uno de los objetivos principales de la medicina es la prevención de enfermedades y lesiones, además de la promoción y conservación de la salud.

La Real Academia Española define el término medicina de la siguiente manera:

“Conjunto de conocimientos y técnicas aplicados a la predicción, prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades humanas y, en su caso, a la rehabilitación de las secuelas que puedan producir.”¹

1.1.1. Propedéutica clínica

Es el conjunto de procedimientos que lleva a cabo un especialista médico para identificar una enfermedad, un síndrome o cualquier estado de salud que afecta a un paciente.

A través de técnicas de exploración clínica y un conjunto de habilidades de carácter clínico, un profesional del ámbito de la salud determina signos y síntomas que permiten establecer un juicio clínico para diagnosticar enfermedades.

¹ Real Academia Española de la Lengua. <http://dle.rae.es/?id=OkukRhl>. Consulta: 24 de agosto de 2018.

1.1.2. Proceso de diagnóstico

Es un proceso inferencial (un proceso de deducción) realizado con base en un cuadro clínico, con el objetivo de definir la enfermedad que afecta a un paciente.

El término cuadro clínico contiene 3 elementos interrelacionados, definidos de la siguiente manera:

- El síndrome o conjunto de síntomas y signos que presenta el paciente derivado de una enfermedad.
- La enfermedad, alteración del funcionamiento de un organismo debido a una causa interna o externa.
- El contexto, que es el ambiente (social, económico y psicológico) en que en el que está situado la persona que padece de la enfermedad.

1.1.3. Tratamiento médico

En una definición formal, se establece un tratamiento médico como el conjunto de medios (higiénicos, farmacológicos, quirúrgicos o físicos) que tienen como finalidad la curación o alivio de enfermedades o síntomas.

Consiste en la planificación de un sistema de curación o de un esquema medico prescrito por un titulado en medicina con finalidad curativa.

1.1.4. Organización Mundial de la Salud

“Organismo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cuyo objetivo es la gestión de políticas de prevención, promoción e intervención en salud a nivel mundial. Fundada el 7 de abril de 1948, con sede en Ginebra, Suiza.”²

“Establecida como un tipo de agencia especializada de la Organización de las Naciones Unidas. Constituida por 194 Estados Miembros.”³

“Sus funciones principales son la cooperación técnica con los países, la dirección de la cooperación internacional en materia de salud, la adopción de medidas específicas, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la difusión de información a través de publicaciones, la elaboración de reglamentos, normas, planes, políticas y modelos de vigilancia y seguimiento, además del fomento de la investigación.”⁴

1.1.5. Estadísticas sanitarias mundiales

“La Organización Mundial de la Salud cuenta con un repositorio de datos denominado *Global Health Observatory Data Repository* (GHO), que sirve como puerta de enlace a las estadísticas mundiales relacionadas con la salud. Contiene datos y estadísticas de los países, centrados en estimaciones comparables, y análisis para monitorizar la situación y las tendencias mundiales, regionales y nacionales.”⁵

² *Historia de la OMS*. <http://www.who.int/about/history/es/>. Consulta: 24 de agosto de 2018.

³ *Países*. <http://www.who.int/countries/es/>. Consulta: 24 de agosto de 2018.

⁴ *Nuestras actividades*. <http://www.who.int/about/what-we-do/es/>. Consulta: 24 de agosto de 2018.

⁵ *Datos y estadísticas de la OMS*. <http://www.who.int/gho/es/>. Consulta: 24 de agosto de 2018.

Cada año, la Organización Mundial de la Salud elabora estimaciones de carga de morbilidad y mortalidad las cuales publica en un informe denominado *Estadísticas sanitarias mundiales*.

La OMS informa que sus estadísticas provienen de múltiples fuentes aplicando distintos métodos (encuestas domiciliarias, informes sistemáticos presentados por los servicios de salud, registro civil, censos de población y los sistemas de vigilancia epidemiológica).

“Actualmente, solo 31 de los 194 Estados Miembros proporciona a la Organización estadísticas fidedignas y de gran calidad sobre las causas de defunción.”⁶

1.1.6. Mecanismos de recolección de datos en Guatemala

“En Guatemala es el Instituto Nacional de Estadística (INE) el encargado de diseñar y ejecutar la política de estadística nacional, con el objetivo de recopilar, producir, analizar y difundir estadísticas que según su misión deben ser confiables, oportunas, transparentes y eficientes.”⁷

“El INE en su sitio oficial posee un banco de estadísticas hospitalarias que comprenden datos sobre los servicios externos e interno de los distintos hospitales, sanatorios y casas de salud del sector privado.”⁸

⁶ *Estadísticas y salud*. <http://who.int/features/qa/73/es/>. Consulta: 26 de agosto de 2018.

⁷ Instituto Nacional de Estadística. *Misión y visión*. <https://www.ine.gob.gt/index.php/institucion/mision-y-vision>. Consulta: 26 de agosto de 2018.

⁸ Instituto Nacional de Estadística. *Estadísticas hospitalarias*. <https://www.ine.gob.gt/index.php/estadisticas-continuas/hospitalarias>. Consulta: 26 de agosto de 2018.

1.2. Tecnologías de la información en la actualidad

Las tecnologías de la información, comúnmente conocidas como TI o IT (por su significado en inglés *information technology*), consisten en la aplicación y utilización de un conjunto de dispositivos y equipos electrónicos con el objetivo de almacenar, recuperar, transmitir y manipular datos en una determinada lógica de negocio.

La relevancia de las tecnologías de la información hoy en día se considera absoluta en cualquier sector y ámbito de la vida. Se ha adaptado una cultura de dependencia en gran medida del funcionamiento que la tecnología aporta a los distintos modelos de negocio lo cual ha contribuido a una constante cultura de innovación con el objetivo de llevar a cabo implementaciones que optimicen y faciliten el desarrollo de distintos procesos.

1.2.1. Minería de datos

La minería de datos, (DM) por sus siglas en inglés, es el proceso que descubre nuevos patrones incrustados en grandes conjuntos de datos. La minería de datos hace uso de toda esa información para construir modelos predictivos, todo ello basado en inteligencia artificial, bases de datos y estadísticas.

Por lo tanto, la definición más básica de la minería de datos que se puede dar es el análisis de grandes conjuntos de datos para descubrir patrones para pronosticar y predecir la probabilidad de eventos futuros.

1.2.2. Limitaciones de la minería de datos

Entre los factores que condicionan la efectividad de la minería de datos se puede encontrar los siguientes:

- Acceso limitado a los datos que comúnmente son distribuidos en diferentes sectores (clínicas, entidades administrativas, aseguradoras, laboratorios).
- Los datos pueden ser incompletos, corruptos, ruidosos o inconsistentes.
- Asuntos éticos, legales y sociales como los son la propiedad de los datos y los condicionamientos de privacidad.
- En ocasiones los patrones que se encuentran en la minería de datos son el resultado de variaciones aleatorias, por lo que muchos de esos patrones pueden ser inútiles.
- Para un bloque de información médica la aplicación del proceso de minería de datos, requiere el conocimiento médico específico.
- La aplicación del proceso requiere un compromiso en la institución donde se vaya a implementar y sobre todo que exista la disposición de financiación.

1.2.3. Dispositivos móviles

Dispositivo móvil es un término general utilizado para nombrar cualquier tipo de aparato de tamaño reducido, con capacidades de procesamiento para llevar a cabo diferentes funciones.

1.2.4. *Smarthphone*

En español conocido como teléfono inteligente, es un teléfono móvil construido sobre una arquitectura informática móvil, con una mayor capacidad de almacenamiento de datos y realizar actividades, con una mayor conectividad que un teléfono móvil común o convencional.

Se entiende por *smarthphone* a un teléfono móvil con capacidad de conectarse a internet y tener gran parte de funciones multitarea que realiza una computadora, con funcionalidades extras: GPS, reproductores multimedia, cámara de fotos, entre otros.

1.2.5. Sistema operativo móvil

Es un sistema operativo que permite a teléfonos inteligentes, tabletas u otros dispositivos móviles el despliegue e instalación de aplicaciones y la gestión de recursos del dispositivo. Combinan características de un sistema operativo convencional con otras características para el uso móvil y portátil.

En dispositivos móviles, como *smarthphones* y *tablets*, los sistemas operativos más populares son iOS de Apple Inc. y Android de Google, siendo los únicos que actualmente muestran un crecimiento.

1.2.6. Computación en la nube

También conocido como *cloud computing*, o 'nube', es un modelo de servicios con la característica de ser escalable bajo demanda para la asignación y consumo de recursos de cómputo. Distintos componentes: infraestructura, aplicaciones, información y un conjunto de servicios integrados por reservas de recursos computacionales, redes, información y almacenamiento pueden ser orquestados, implementados y liberados rápidamente, con mínimo esfuerzo de gestión e interacción entre el proveedor del servicio de *cloud computing* y las necesidades del cliente.

1.2.6.1. Modelos de provisión de servicio

La prestación de servicios de *cloud computing* se asocia a tres modelos:

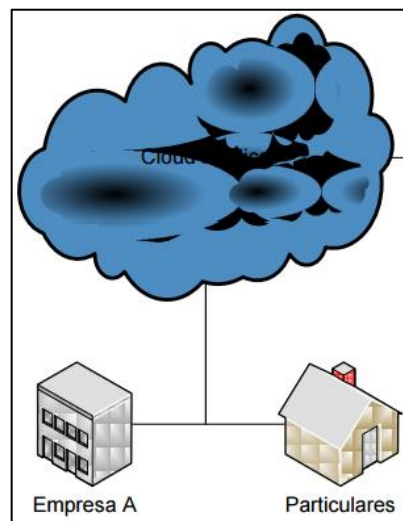
- *Infrastructure as a service*: provisión de procesamiento, almacenamiento, redes y cualquier otro recurso necesario para llevar a cabo la instalación de software, incluyendo sistema operativo y aplicaciones.
- *Platform as a service*: provisión de una plataforma y entorno que permita el desarrollo de aplicaciones utilizando herramientas suministradas por el proveedor.
- *Software as a service*: provisión de capacidad de utilización de aplicaciones del proveedor ejecutadas sobre la infraestructura en la nube.

1.2.6.2. Modelos de implementación

Según la forma en que son desplegados los servicios en la nube, se han establecido cuatro modelos que describen la implementación de los servicios *cloud computing*.

- Nube pública: infraestructura y recursos lógicos disponibles al público en general o a un grupo amplio de usuarios.

Figura 1. Esquema de nube pública

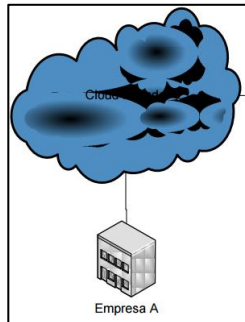


Fuente: INTECO-CERT. *Riesgos y amenazas en cloud computing*.

https://www.incibe.es/extfrontinteco/img/File/intecocert/EstudiosInformes/cert_inf_riesgos_y_amenazas_en_cloud_computing.pdf. Consulta: 30 de agosto de 2018.

- Nube privada: la infraestructura se gestiona exclusivamente por la organización. Los recursos son exclusivos para dicha organización.

Figura 2. **Esquema de nube privada**

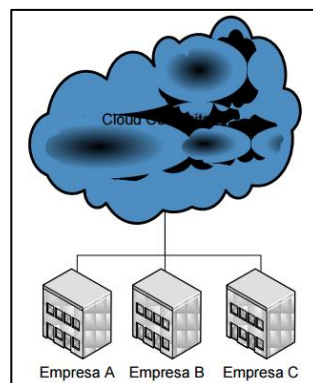


Fuente: INTECO-CERT. *Riesgos y amenazas en cloud computign.*

https://www.incibe.es/extfrontinteco/img/File/intecocert/EstudiosInformes/cert_inf_riesgos_y_amenazas_en_cloud_computing.pdf. Consulta: 2 de septiembre de 2016.

- Nube comunitaria: la infraestructura es compartida entre diversas organizaciones, con el objetivo de dar soporte a una comunidad específica con objetivos o preocupaciones similares.

Figura 3. **Esquema de nube comunitaria**

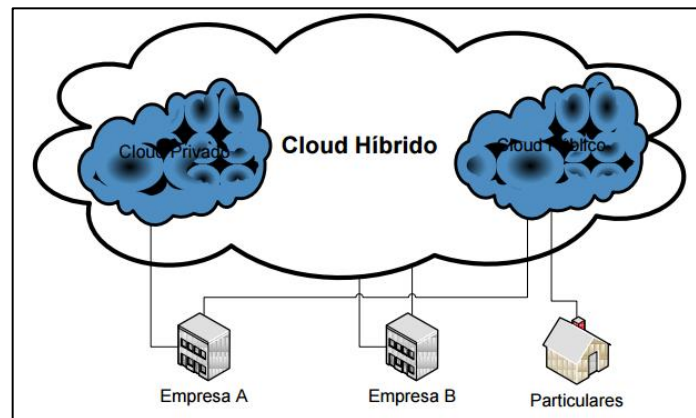


Fuente: INTECO-CERT. *Riesgos y amenazas en cloud computign.*

https://www.incibe.es/extfrontinteco/img/File/intecocert/EstudiosInformes/cert_inf_riesgos_y_amenazas_en_cloud_computing.pdf. Consulta: 2 de septiembre de 2016.

- Nube híbrida: combinación de dos o más tipos de nubes.

Figura 4. **Esquema de nube híbrida**



Fuente: INTECO-CERT. *Riesgos y amenazas en cloud computign.*

https://www.incibe.es/extfrontinteco/img/File/intecocert/EstudiosInformes/cert_inf_riesgos_y_amenazas_en_cloud_computing.pdf. Consulta: 2 de septiembre de 2016.

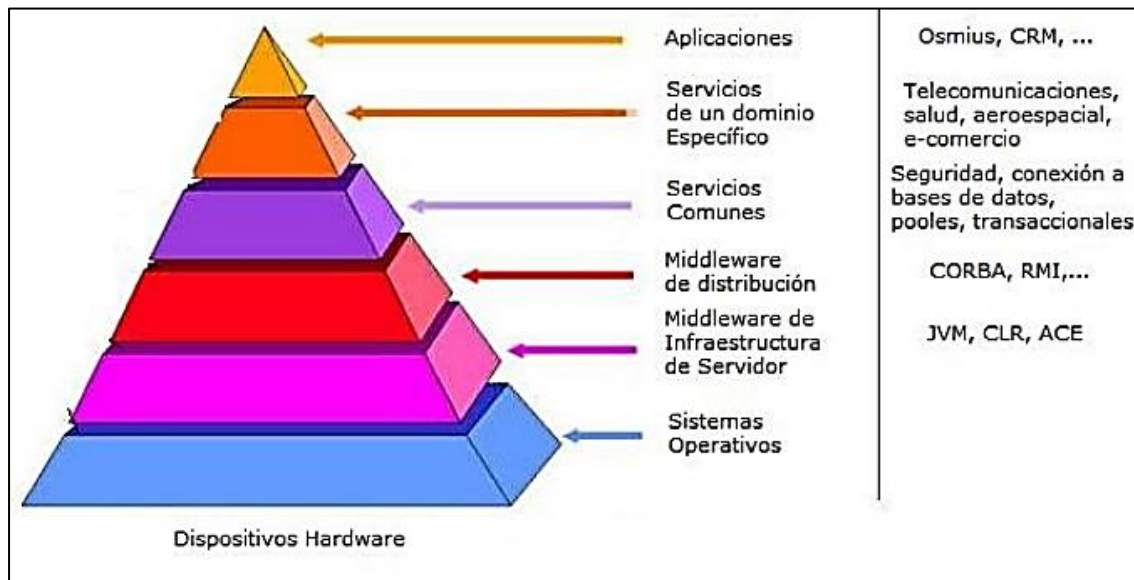
1.2.6.3. **Lógica de intercambio de información entre aplicaciones**

También denominado *middleware*, es un software que ayuda a la interacción o comunicación entre aplicaciones, paquetes de programas, redes, hardware o sistemas operativos. Permite la simplificación del trabajo al reducir la complejidad en la tarea de generar conexiones y sincronización en sistemas distribuidos. Su implementación da como resultado una mejora en la calidad de servicio.

Su funcionamiento es visto como una capa abstracta de software distribuida, situada entre capas de aplicaciones y capas inferiores: el sistema operativo y la red. Abstrae la complejidad de las redes de comunicación,

sistemas operativos y lenguajes de programación, proporciona una interfaz de programación; de aplicaciones (API) para la fácil codificación y gestión de aplicaciones.

Figura 5. **Descomposición en capas de un *middleware***



Fuente: Sosa, Víctor. *Middleware: arquitectura para aplicaciones distribuidas*.

http://www.tamps.cinvestav.mx/~vjsosa/clases/sd/Middleware_Recorrido.pdf. Consulta: 3 de septiembre 2016.

1.2.7. Bases de datos NoSQL

Definido como *Not only SQL*, es un sistema de gestión de bases de datos que no es relacional y que no implementa las propiedades ACID (atomicidad, consistencia, aislamiento y durabilidad), con el objetivo de asegurar la confiabilidad de las transacciones a nivel de base de datos.

“A nivel de visualización son listas de datos almacenados en una sola estructura (tabla) sin existir una definición de relaciones entre los registros. Entre los ejemplos de bases de datos NoSQL con licencia libre se encuentran: Cassandra, CouchDB, Redis, Neo4j, MongoDB.”⁹

1.2.8. Sistemas de monitorización y control

Son sistemas con la capacidad de obtener información (para un análisis posterior) del entorno donde son desplegados.

1.2.9. Sistemas de monitorización

Permiten el seguimiento de valores recolectados por los distintos sensores que forman la red. Disponen de una interfaz para visualizar los datos capturados.

1.2.10. Sistemas de control

Una vez recolectada y analizada la información del entorno, establecen el funcionamiento de las acciones más adecuadas; en este tipo de sistemas el análisis de la información y control se realiza de forma automática.

1.2.11. Aplicación de las tecnologías de la información a la medicina

En la medicina, las TI son un recurso que posibilita la optimización de los servicios de atención, dando como resultado un cambio de gran relevancia en la

⁹ Acens the cloud services company. *Qué son y tipos que nos podemos encontrar.* <https://www.acens.com/wp-content/images/2014/02/bbdd-nosql-wp-acens.pdf>. Consulta: 3 de septiembre de 2016.

gestión de las organizaciones sanitarias. La utilización de los recursos de TI como herramienta la administración de procesos de prestación de servicio asegura la trazabilidad de la información y la homogenización de los sistemas de trabajo.

1.2.12. Telemedicina

“En 1988, la Organización Mundial de la Salud definió la telemedicina como: la distribución de servicios de salud en que la distancia es un factor crítico, donde un profesional de la salud utiliza información y tecnología de comunicaciones para el intercambio de información válida para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades.”¹⁰

Planteado de manera simple, es cualquier acto médico realizado sin contacto físico directo entre un profesional y el paciente, a través de un conjunto de servicios y aplicaciones que utilizan tecnologías de la información y las telecomunicaciones para proporcionar la asistencia médica, independientemente de la distancia que separa a los que ofrecen el servicio.

Uno de los objetivos sumado al de diagnosticar es la investigación y evaluación continua de los proveedores de salud pública, con el interés del desarrollo de la salud de un individuo y su comunidad.

Se ha concluido a través de distintos análisis que una de las principales causas del fracaso de numerosos proyectos de telemedicina es debido a que su desarrollo se centró más en la propia tecnología que en las necesidades concretas de la población beneficiaria.

¹⁰ VERGELES, José María. *La telemedicina*. <http://ferran.torres.name/edu/imi/59.pdf>. Consulta: 5 de septiembre de 2018.

1.2.13. Telemedicina en Latinoamérica

La región latinoamericana se considera huérfana en lo que respecta a soluciones de telemedicina. Se han realizado planes piloto, pero a la fecha no se ha detectado implementaciones de sistemas de telemedicina en la región.

“Una situación que contrasta con los avances de países como Canadá, India, Reino Unido, Australia, España y Estados Unidos, quienes han implementado sistemas de telemedicina para la atención de sus comunidades basados en los problemas topográficos y de distancia existentes.”¹¹

1.2.14. El rol de la minería de datos en el sector sanitario

La minería de datos en la asistencia sanitaria se considera que sigue siendo en su mayor parte, un ejercicio académico con pocos casos de éxito pragmático.

Grandes y complejos volúmenes de datos son generados por las actividades sanitarias, lo cual hace que un análisis automatizado por la ONU se convierta en impracticable.

La minería de datos puede generar información que pueda ser útil para todos los interesados en la asistencia sanitaria. Incluidos los pacientes mediante la identificación de tratamientos eficaces y mejores prácticas.

¹¹ NADER, Karim. *Países con telemedicina avanzada*. <http://www.elhospital.com/temas/Paises-con-telemedicina-avanzada+8088177>. Consulta: 6 de septiembre de 2018.

Las aplicaciones dentro de los sectores de salud van desde la efectividad de tratamientos, gestión y administración de la salubridad, la mejora de relaciones con los clientes y la detección de fraudes y abusos.

2. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

2.1. Visión

El denominado *knowledge discovery in database* (KDD) consiste en un proceso de descubrimiento de conocimiento en bases de datos, en el cual convergen distintos campos como el reconocimiento de patrones, el aprendizaje automático y la inteligencia artificial. En el campo de las bases de datos existe una convergencia del KDD con los sistemas de recuperación de información, los sistemas de apoyo para la toma de decisiones y la visualización de datos.

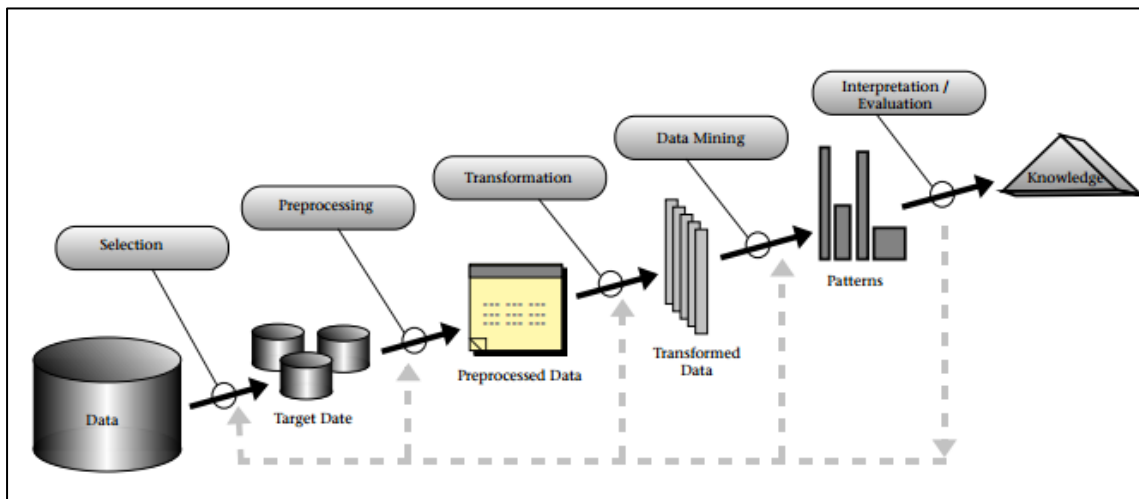
Este proceso consta de 5 fases:

- Integración y recopilación: consiste en determinar las fuentes de información y realizar una transformación de los datos a un formato que sea común, con el objetivo de unificar la información recuperada.
- Selección, limpieza y transformación de datos: en esta fase, mediante métodos estadísticos se elimina el mayor número posible de datos erróneos e inconsistentes, o incluso irrelevantes.
- Minería de datos: proceso central del KDD, centrado en la búsqueda de patrones, donde se determina el modelo a utilizar luego de ser recopilados los datos de interés.

- Evaluación y validación: en la fase anterior se producen hipótesis de modelos, en esta fase se implementan criterios de evaluación para dichas hipótesis y una vez evaluadas se realiza la interpretación.
- Interpretación y difusión: los modelos resultantes de las fases anteriores pueden requerir ser presentados de manera clara y comprensible antes de ser distribuidos dentro de una determinada organización, es por ello que se incorpora un proceso de interpretación antes de la difusión.

Todas las fases mencionadas anteriormente pueden observarse de manera gráfica en la siguiente figura:

Figura 6. **Fases del proceso *knowledge discovery in database* (KDD)**



Fuente: FAYYAD, Usama; PIATETSKY-SHAPIRO, Gregory; SMYTH Padhraic. *From data mining to knowledge discovery in databases.*

<http://www.csd.uwo.ca/faculty/ling/cs435/fayyad.pdf>. Consulta: 30 de septiembre de 2016.

Tomando como base las 5 fases del proceso, KDD se pretende desarrollar un sistema que en cada fase implemente una solución a través de software y en conjunto formar parte de una solución que ayude a mejorar la relación paciente doctor y reducir la brecha entre el tratamiento indicado y su efectividad.

2.2. Resumen del producto

El resumen del producto se realizará con base en la función de cada componente del sistema dentro del proceso de KDD.

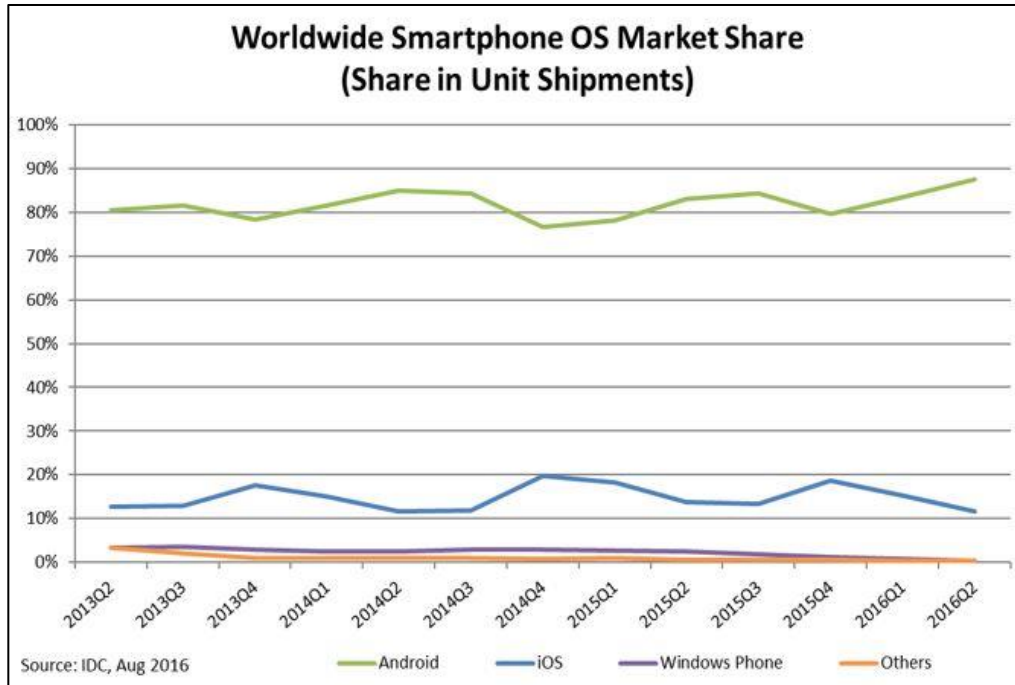
2.2.1. Integración y recopilación

Para la fase de integración y recopilación se ha establecido que como fuente de datos una aplicación móvil para dispositivos android. Por medio de esta aplicación, el paciente reportará al doctor la evolución de sus síntomas bajo el tratamiento establecido por el profesional de la medicina.

El objetivo de este trabajo no es hacer una comparación entre los distintos sistemas operativos para dispositivos móviles existentes hoy en día, y mucho menos hacer una extensiva justificación de su elección; sin embargo, cabe resaltar que los dispositivos android han tenido una fuerte comercialización y aceptación por parte del mercado de consumidores.

La empresa estadounidense International Data Corporation (IDC), que se dedica al análisis y asesoramiento de mercado, especializada en tecnologías de la información, telecomunicaciones y desarrollo de software, ha publicado un artículo que muestra estadísticas acerca del posicionamiento de los distintos sistemas operativos para dispositivos móviles, del cual se extrae la siguiente gráfica que muestra como Android ha ganado terreno en dicha industria.

Figura 7. **Cuota de consumo de sistemas operativos móviles a nivel mundial**



Fuente: *IDC Analyze the future. Smartphone OS Market Share, 2016 Q2.*

<http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>. Consulta: 30 de septiembre de 2016.

La aplicación tiene únicamente el objetivo de recopilar datos y deja de lado todo lo relacionado con la asistencia de manera remota que pueda brindar un profesional de la medicina a un paciente; pero se contempla agregar un módulo en el que el usuario podrá ingresar texto de manera arbitraria expresando una duda, sugerencia o algún asunto relacionado con su tratamiento.

Figura 8. **Módulo de sincronización**



Fuente: elaboración propia.

El paciente será quien deba reportar su desarrollo sintomático; para lo cual la aplicación móvil en los horarios establecidos por el doctor en la plataforma web le cuestionará acerca de su estado de salud una vez iniciado el tratamiento médico. La siguiente imagen muestra el diseño de la interfaz que el paciente observará al ser cuestionado por la aplicación.

Figura 9. **Interfaz de solicitud de condición de salud**



Fuente: elaboración propia.

El usuario únicamente podrá enviar información no estructurada, es decir, texto de manera libre, a través del módulo de envío de mensajes, el cual enviará el texto ingresado por el usuario a una cola de mensajes dentro de la plataforma web; no se tiene contemplado que el doctor sea capaz de enviar mensajes al paciente a través de la aplicación móvil, por lo que en el sistema, la comunicación es únicamente en una vía, del paciente al doctor. La siguiente imagen muestra la interfaz establecida para el módulo de envío de mensajes.

Figura 10. **Interfaz de envío de mensaje del paciente al doctor**



Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Plataforma web

Las fases restantes del proceso KDD serán implementadas en una plataforma web, que además será la encargada de realizar la gestión de pacientes donde el doctor utilizará las funciones de programación de alertas que serán sincronizadas con la aplicación móvil.

En la fase de selección, limpieza y transformación, los datos serán almacenados en una base de datos no relacional implementada en un servidor en la nube; por lo que el proceso de selección y limpieza tomará como fuente los datos que provienen de la aplicación móvil para realizar la transformación.

La transformación de los datos contenidos en la base de datos no relacional dará paso al módulo de minería de datos, generará el modelo para la fase de evaluación y la interpretación será presentada al usuario (doctor) dentro de la plataforma.

El usuario (doctor) se conectará a la plataforma, ingresará los datos relevantes acerca del tratamiento que asignará al paciente e ingresará la periodicidad de las alarmas con las que el usuario de la aplicación móvil (paciente) deberá reportar su estado de salud. En la plataforma, el doctor observará los resultados del proceso de minería de datos mediante un reporte, además de poder observar los mensajes de texto que el paciente ha enviado desde la aplicación móvil; sin embargo, no existirá la funcionalidad de que el doctor pueda enviar mensajes hacia la aplicación móvil.

2.3. Requerimientos del sistema

A continuación, se detallan los requerimientos funcionales y no funcionales del sistema.

2.3.1. Requerimientos funcionales

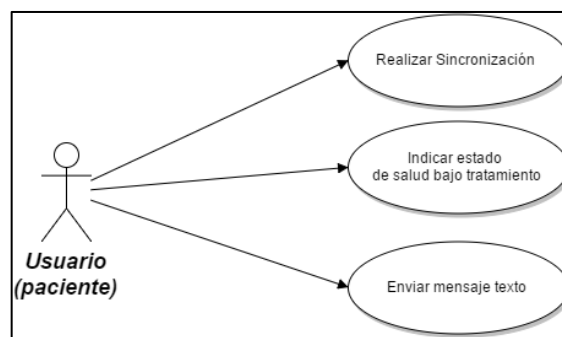
Los requerimientos funcionales serán divididos en los que son necesarios para la aplicación móvil y los requerimientos para la plataforma web.

2.3.1.1. Requerimientos funcionales para la aplicación móvil

Los requisitos funcionales identificados para la aplicación móvil son los siguientes:

- Requerimiento funcional 01 (RF01): el paciente, quien es el usuario de la aplicación móvil, podrá ingresar el código necesario para realizar la sincronización con el sistema.
- Requerimiento funcional 02 (RF02): la aplicación solicitará al usuario su estado de salud bajo las condiciones y medicación que el tratamiento establece; el usuario seleccionará una de las opciones y la aplicación deberá enviar el reporte al sistema centralizador.
- Requerimiento funcional 03 (RF03): el usuario podrá ingresar un texto libre y enviarlo al sistema centralizador, donde el doctor consultará lo ingresado por el paciente.

Figura 11. Diagrama de casos de uso aplicación móvil



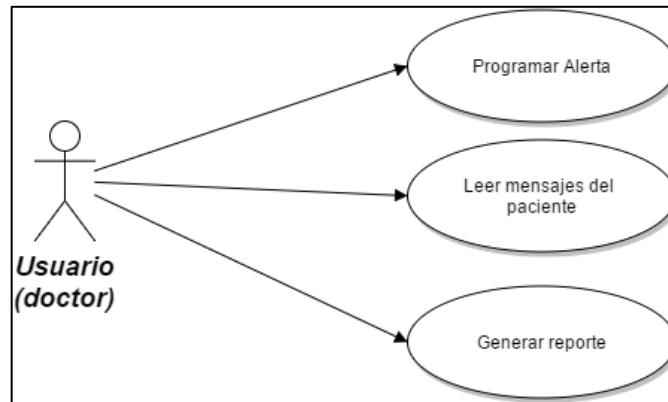
Fuente: elaboración propia.

2.3.1.2. Requerimientos funcionales para la plataforma web

Los requerimientos funcionales identificados para la plataforma web son los siguientes:

- **Requerimientos funcional 04 (RF04):** programación de alertas: la plataforma web deberá contar con un módulo donde el usuario (doctor) programará la periodicidad de las alertas en la aplicación móvil que estará instalada en el dispositivo del paciente.
- **Requerimiento funcional 05 (RF05):** lectura de mensajes: la plataforma web contará con una bandeja de mensajes de entrada donde el usuario (doctor) podrá leer los mensajes de texto que han sido enviados por el paciente desde la aplicación móvil.
- **Requerimiento funcional 06 (RF06):** generar reporte: la plataforma deberá mostrar al usuario (doctor) el reporte generado por el módulo de minería de datos.

Figura 12. Diagrama casos de uso plataforma web



Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales establecidos para el sistema serán de igual manera divididos en los que son necesarios para la aplicación móvil y los necesarios para la plataforma web.

2.3.2.1. Requerimientos no funcionales para aplicación móvil

Los requerimientos no funcionales identificados para la aplicación móvil son los siguientes:

- Requerimiento no funcional 01 (RNF01): interfaz simple e intuitiva: el usuario (paciente) deberá observar una interfaz simple sin componentes que no tenga afinidad con el objetivo de reportar su mejoría.

- Requerimiento no funcional 02 (RNF02): conexión a internet: el dispositivo móvil deberá contar con conexión a internet para el envío de mensajes al servidor centralizador.
- Requerimiento no funcional 03 (RNF03): el dispositivo debe tener una versión Android 3.0 o superior.

2.3.2.2. Requerimientos no funcionales, plataforma web

Los requerimientos no funcionales identificados para la plataforma web son los siguientes:

- Requisito no funcional 04 (RNF04): disponibilidad: la plataforma web deberá estar disponible el 99 % del tiempo, lo cual representa un margen de tiempo de 14,4 minutos en los que el sistema puede no estar disponible.
- Requisito no funcional 05 (RNF05): seguridad: se verificará la identidad de todos los usuarios mediante autenticación. También, la plataforma deberá otorgar permisos de usuarios dependiendo de los roles que existan dentro del sistema. Las contraseñas almacenadas en la base de datos deberán contener un algoritmo de cifrado.
- Requisito no funcional 06 (RNF06): la plataforma deberá proporcionar mensajes de error al usuario final donde informen y orienten acerca de los fallos en el uso de una funcionalidad.

- Requisito no funcional 07 (RNF07): compatibilidad, la plataforma deberá correr en los navegadores Internet Explorer, Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera y Safari.

2.4. Arquitectura

Partiendo de la base que la arquitectura tiene una influencia en los atributos de calidad, se ha establecido que el patrón de arquitectura que más se adapta al sistema es el de 3 capas.

La arquitectura de 3 capas, es una arquitectura que tiene como principal objetivo la separación de la lógica de negocios de la lógica de diseño. Entre sus ventajas se pueden mencionar la simplificación que existe entre la comprensión y organización del desarrollo de sistemas que son complejos y extensos, también, existe una reducción de las dependencias debido a que las capas de nivel inferior no tienen conciencia de las capas superiores.

A continuación, se realiza una descripción de cada capa enfocado en la implementación del sistema:

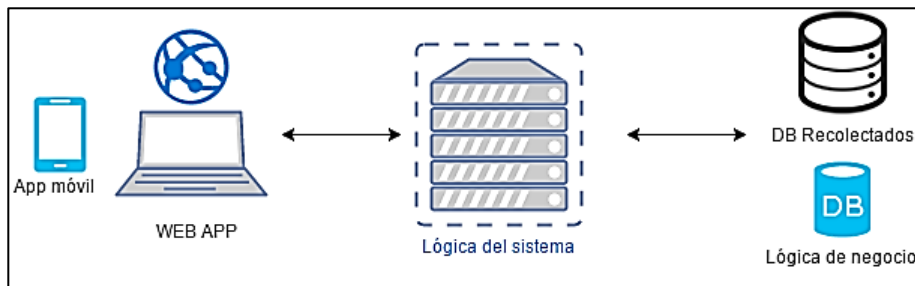
- Capa de datos: en esta capa estarán almacenados los datos recolectados con la aplicación móvil, los datos de usuario de la plataforma web, los datos necesarios para el proceso de minería de datos, cabe resaltar que en distintos esquemas de bases de datos y distintos servidores de base de datos.
- Capa de negocio: en esta capa se encontrarán definidas todas las funcionalidades a ejecutarse dentro de la plataforma web, el

procesamiento de información llevado a cabo por los procesos de minería de datos y sincronización con la aplicación móvil.

- Capa de presentación: mediante una página web se realizará la presentación de datos al usuario de la plataforma, en esta capa se obtendrán los datos necesarios para realizar los procesos de sincronización y seguimiento del tratamiento de los pacientes.

La siguiente imagen ilustra la distribución de los componentes del sistema en las 3 capas detalladas anteriormente.

Figura 13. **Distribución de componentes del sistema en la arquitectura de 3 capas**



Fuente: elaboración propia.

3. ASPECTOS DE IMPLEMENTACIÓN

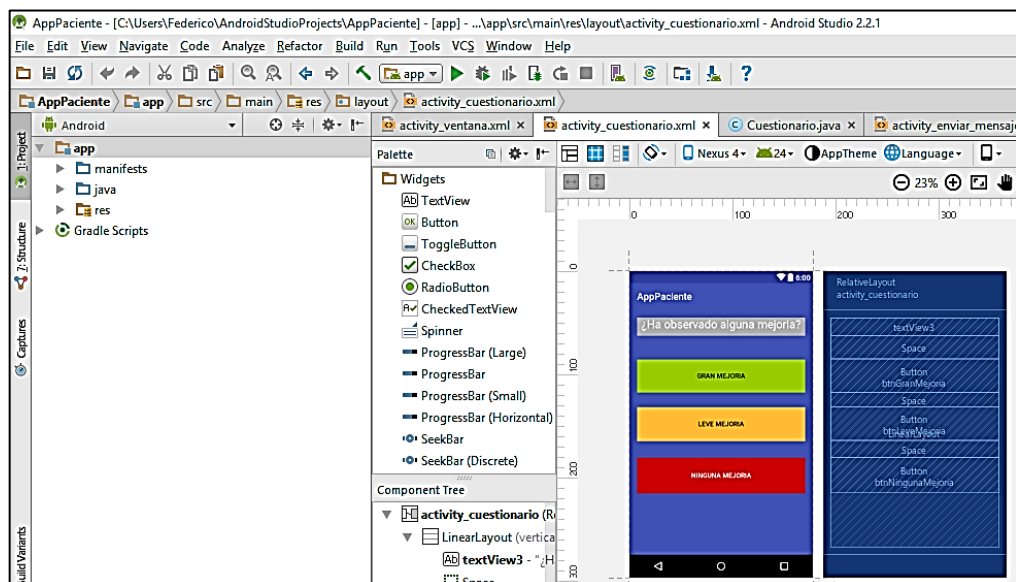
3.1. Cliente móvil

Es una aplicación destinada para la plataforma Android, encargada de proveer la interfaz necesaria al paciente para reportar su mejoría bajo un tratamiento médico.

3.1.1. Desarrollo

La aplicación fue desarrollada con la *API* 15 versión de *SDK* Android 4.0.3, utilizando el IDE Android Studio 2.2.1.

Figura 14. IDE en que se desarrolló la aplicación



Fuente: elaboración propia.

La aplicación fue desarrollada con base en componentes, realizando una integración de las nuevas funcionalidades de cada uno de los módulos a la aplicación ya desarrollada.

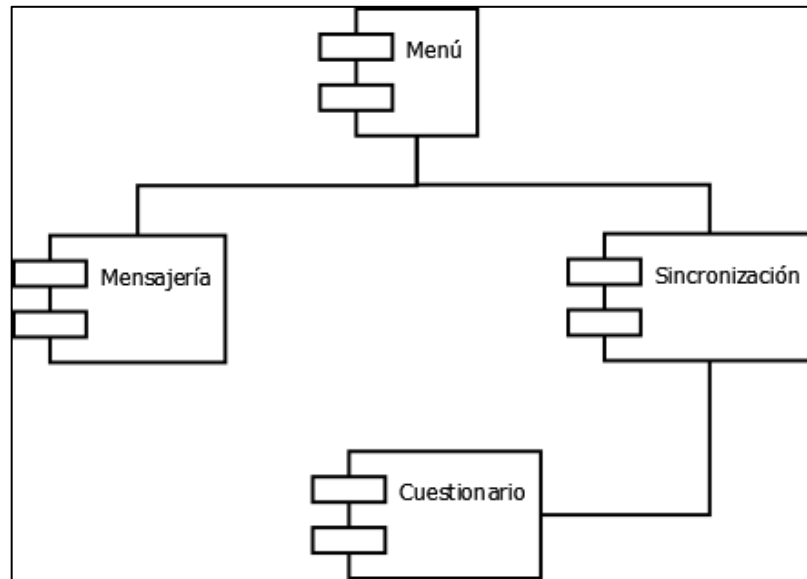
3.1.2. Componentes del cliente móvil

Los componentes en los que está dividida la aplicación son los siguientes (en orden alfabético):

- **Menú:** este es el componente que integra todos los módulos; a través de este componente se accede al resto de funcionalidades y es el encargado de mostrar el menú principal.
- **Cuestionario:** este componente es el encargado de solicitar al paciente su estado de salud.
- **Mensajería:** este componente es el encargado de permitir que el paciente ingrese texto en un campo de texto y envíe un mensaje a la plataforma web donde el doctor observará en una bandeja de entrada el mensaje.
- **Sincronización:** este componente es el encargado de realizar la sincronización entre la plataforma web en donde se encuentra almacenada la periodicidad de las alertas. Mediante un código ingresado por el paciente la aplicación solicitará a la plataforma web la información necesaria para llevar a cabo el proceso de recopilación de información.

A continuación, se muestra una figura donde se observa cómo se relacionan los componentes desarrollados:

Figura 15. **Relación entre componentes de la aplicación**



Fuente: elaboración propia.

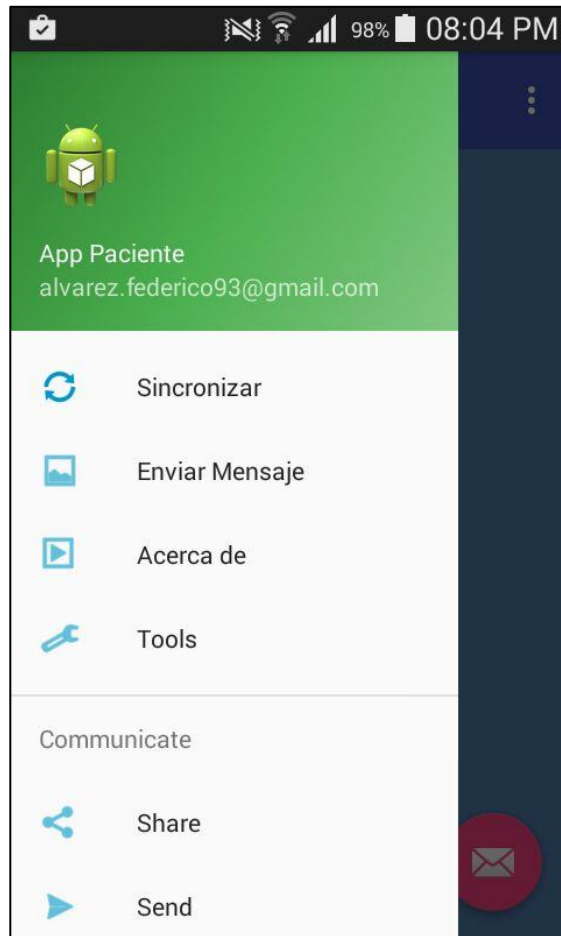
También, se incluye en este documento la facilidad que después de cada título o formato especial; al darle 'enter' se coloque automáticamente el estilo normal para escribir sin complicación alguna.

El estilo posee el siguiente formato:

3.1.3. Interfaz gráfica de usuario

Para la interfaz gráfica de la aplicación se hizo una división del menú principal el cual consiste en 3 botones que al presionarlos accederán a la interfaz que corresponde a cada uno.

Figura 16. **Captura de pantalla, interfaz de menú**



Fuente: elaboración propia.

La interfaz del componente de sincronización cuenta con un campo de texto donde el usuario ingresará el código indicado por el doctor, y cuenta con un botón que deberá ser presionado para iniciar el proceso de sincronización con la plataforma web.

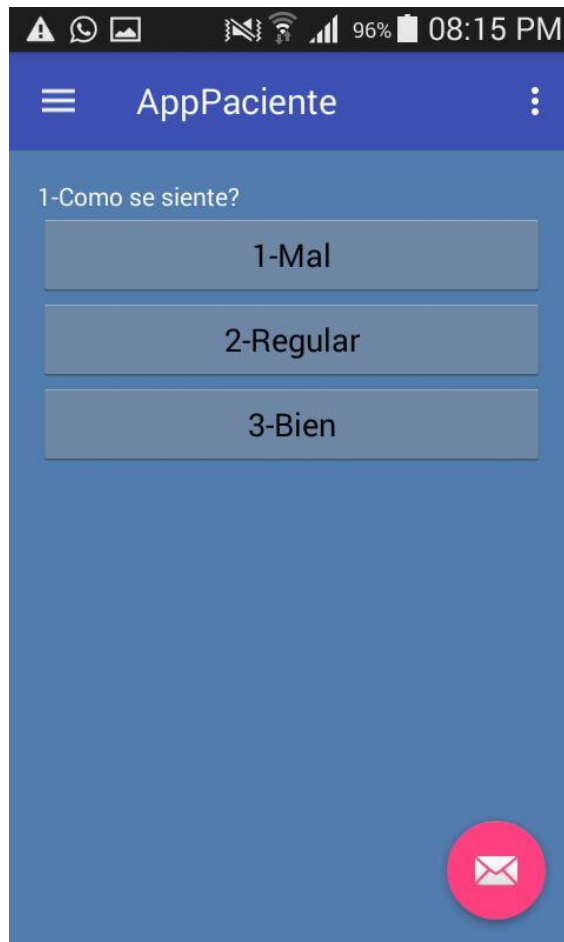
Figura 17. **Captura de pantalla, interfaz de sincronización**



Fuente: elaboración propia.

Para el módulo de cuestionario la interfaz consiste en 3 botones de diferentes colores que el paciente deberá presionar para indicar la mejoría que ha observado debido al tratamiento.

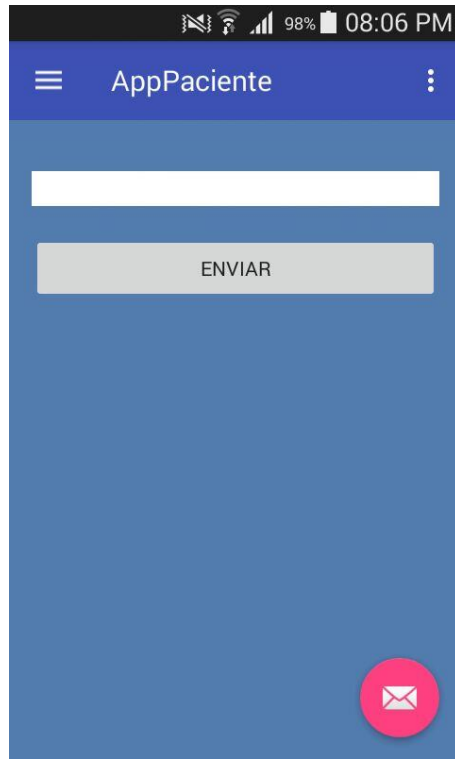
Figura 18. **Captura de pantalla, interfaz cuestionario**



Fuente: elaboración propia.

Por último, la aplicación cuenta con la interfaz para el envío de mensajes; en un campo de texto es donde el paciente ingresa el mensaje y un botón que deberá presionar el usuario es quienes conforman esta interfaz.

Figura 19. **Captura de pantalla, interfaz mensajería**



Fuente: elaboración propia.

4. PROPUESTA DEL SISTEMA

4.1. Sondeo de la interpretación del sistema

Se realiza una propuesta general del sistema, a un nivel general, no específico a nivel técnico, con el objetivo de determinar el nivel de entendimiento que profesionales de la medicina tendrían de un sistema centralizador de datos.

4.2. Encuesta sobre interpretación del sistema

A continuación, se describe el trabajo de campo realizado a través de encuestas para esta investigación.

4.3. Descripción

Como parte del trabajo de investigación se realizó una encuesta donde se planteó recabar información sobre el sistema anteriormente presentado. Dicha encuesta fue realizada a una muestra de 50 doctores del Hospital Nacional Roosevelt de Guatemala, pertenecientes a diferentes áreas de atención dentro del hospital.

La muestra fue elegida elegida con base en el tema desarrollado a lo largo del trabajo de investigación, ya que se buscaba encuestar a profesionales con experiencia en la atención a pacientes y familiarizados con el uso de tecnología básica. Debido al poco conocimiento en conceptos presentados en la encuesta, fue necesario explicar de manera general el significado de ciertas palabras a los

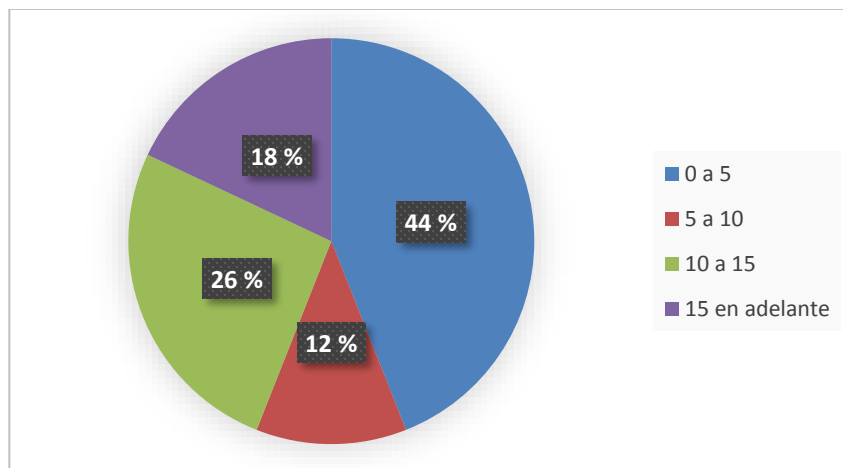
médicos para que pudiesen contestar la encuesta de una manera verídica y confiable.

4.4. Preguntas y resultados

A continuación, se presenta en detalle cada una de las preguntas que conformaron la encuesta junto con su respectiva respuesta y análisis.

- Pregunta número 1: años ejerciendo la profesión

Figura 20. **Porcentajes de respuestas a la pregunta número 1**

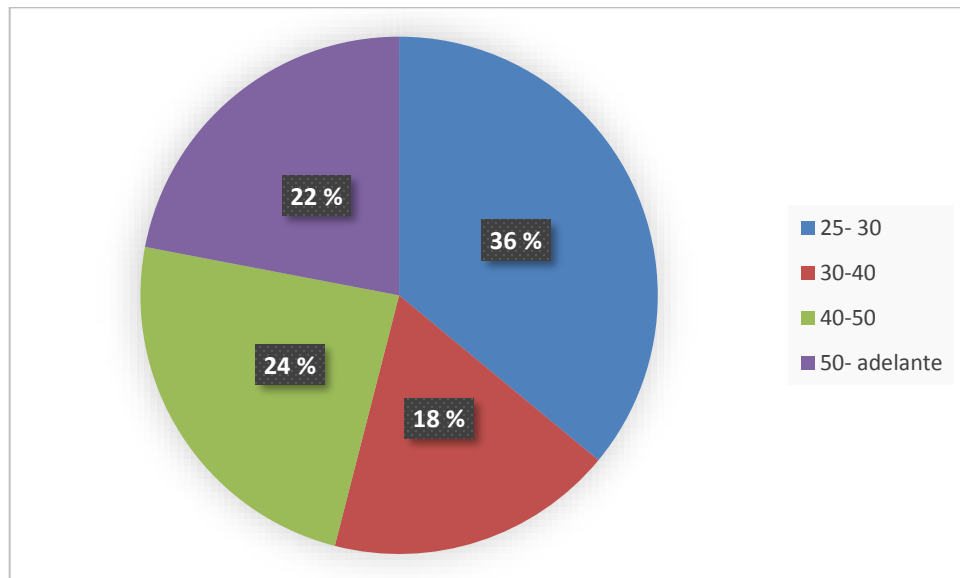


Fuente: elaboración propia.

Los médicos entrevistados en su mayoría se encuentran en un rango de 0 a 5 años ejerciendo la profesión, y le sigue en orden descendente el rango de 10 a 15 años como profesionales. Con lo cual se determina que la mayoría de profesionales entrevistados se encuentra en una etapa temprana y media de su vida laboral.

- Pregunta número 2: rango de edad (años)

Figura 21. **Porcentajes de respuesta a la pregunta número 2**

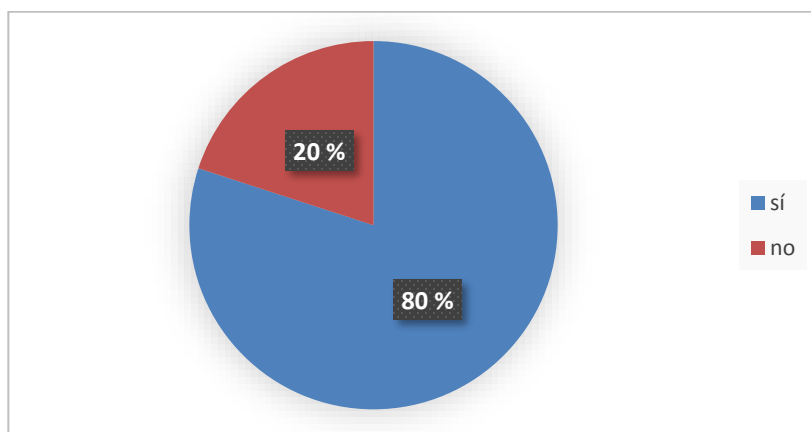


Fuente: elaboración propia.

La mayoría de médicos se encuentran en un rango de edad de 25 a 30 años; es decir, un sector joven que culturalmente es receptivo al uso de la tecnología. Contrasta con el porcentaje de personas entre 40 y 50 años, el cual es un rango de edad donde el profesional de la medicina tiene ciertas dudas acerca del uso de la tecnología.

- Pregunta número 3: ¿conoce el nombre del sistema operativo de su teléfono?

Figura 22. **Porcentajes de respuesta a la pregunta número 3**

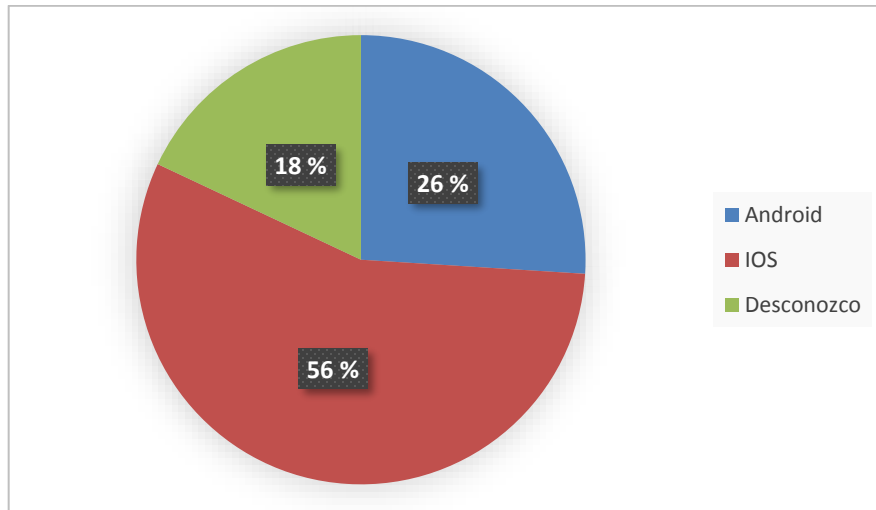


Fuente: elaboración propia.

Esta pregunta se hizo con el fin de determinar el conocimiento básico que un médico tiene acerca de su teléfono celular; el 80 % de los médicos conoce el sistema operativo en su teléfono celular, por lo que se determina que en su mayoría los médicos tienen un conocimiento básico de las propiedades de software de su teléfono.

- Pregunta número 4: ¿cuál de los siguientes sistemas operativos dispone en su teléfono celular?

Figura 23. **Porcentajes de respuesta a la pregunta número 4**

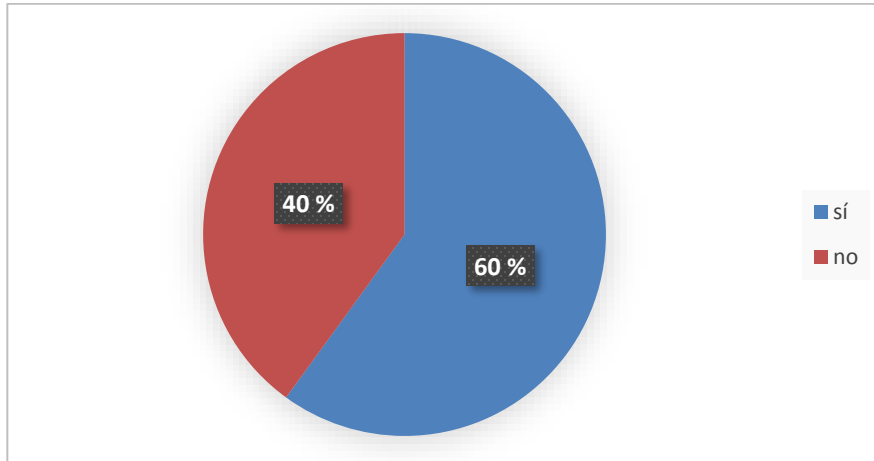


Fuente: elaboración propia.

En su mayoría, los profesionales cuentan con un dispositivo que dispone de un sistema operativo iOS, lo cual indica que la hipótesis inicial de lanzar la aplicación móvil para sistema operativo Android por ser el sistema operativo móvil más común debe ser evaluada nuevamente debido a que esto demuestra que para el sector de profesionales de la medicina los dispositivos con sistema operativo iOS tienen una mayor aceptación.

- Pregunta número 5: ¿utiliza alguna aplicación en su teléfono celular para el desempeño de sus labores?

Figura 24. **Porcentajes de respuesta a la pregunta número 5**

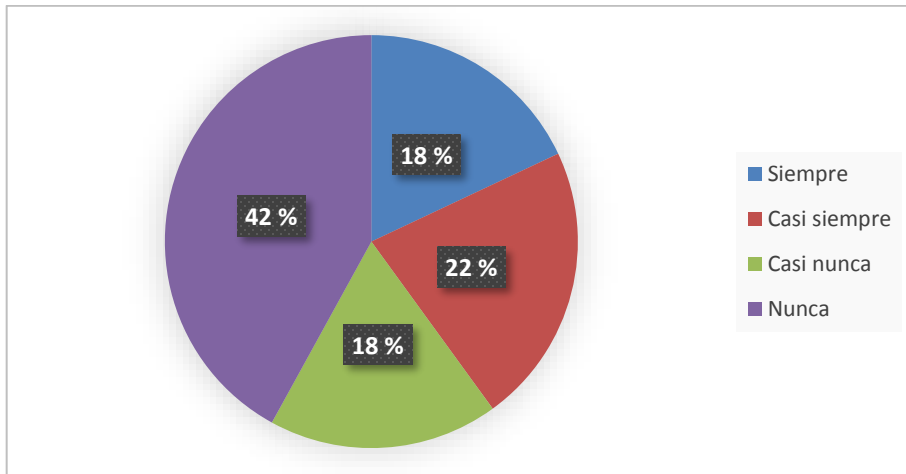


Fuente: elaboración propia.

Esta pregunta fue planteada con el objetivo de determinar si el teléfono celular es utilizado como herramienta de apoyo con una aplicación móvil específica. El 60 % de los médicos indica que se apoya de una aplicación para desempeñar sus labores; sin embargo, no se toma en cuenta la frecuencia de uso ni el tipo de aplicación utilizada.}

- Pregunta número 6: ¿con qué frecuencia utiliza alguna aplicación en su celular para el desempeño de sus labores?

Figura 25. **Porcentaje de respuesta a la pregunta número 6**

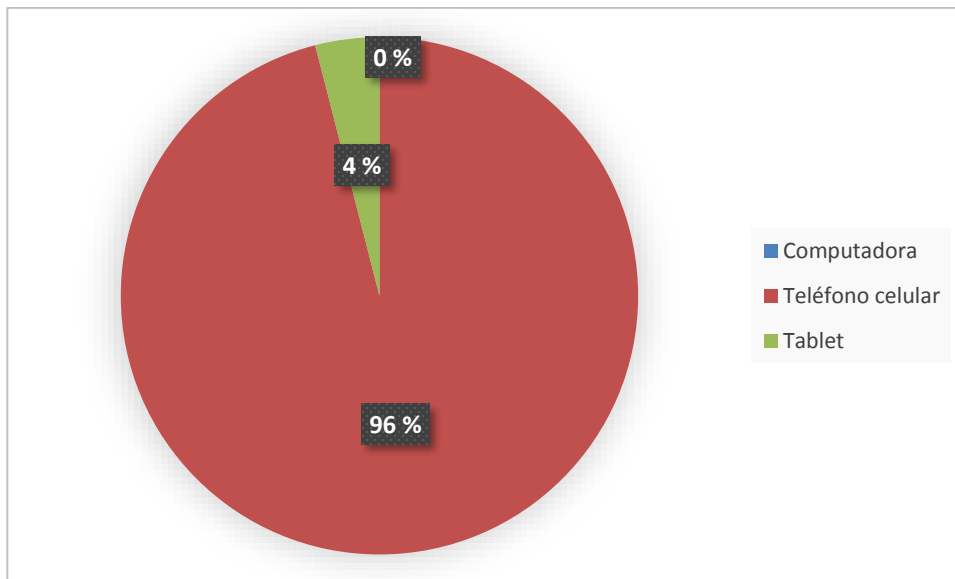


Fuente: elaboración propia.

La frecuencia de uso por un médico de una aplicación móvil es poco frecuente según los resultados. Esto determina que el uso es para tareas poco importantes y se limita a determinar aspectos de poca relevancia para un médico a la hora de ejercer sus labores. Se considera necesario en el futuro un estudio del tipo de aplicación utilizada tomando en cuenta que existen un alto número de aplicaciones disponibles en las tiendas de software de cada plataforma, para determinar si el tipo de aplicación utilizada en su mayoría para un médico es para uso administrativo, monitoreo y control de pacientes u otro.

- Pregunta número 7: ¿cuál de los siguientes dispositivos considera de mayor utilidad para desempeñar sus labores, tomando en cuenta el factor de accesibilidad?

Figura 26. **Porcentaje de respuesta a la pregunta número 7**

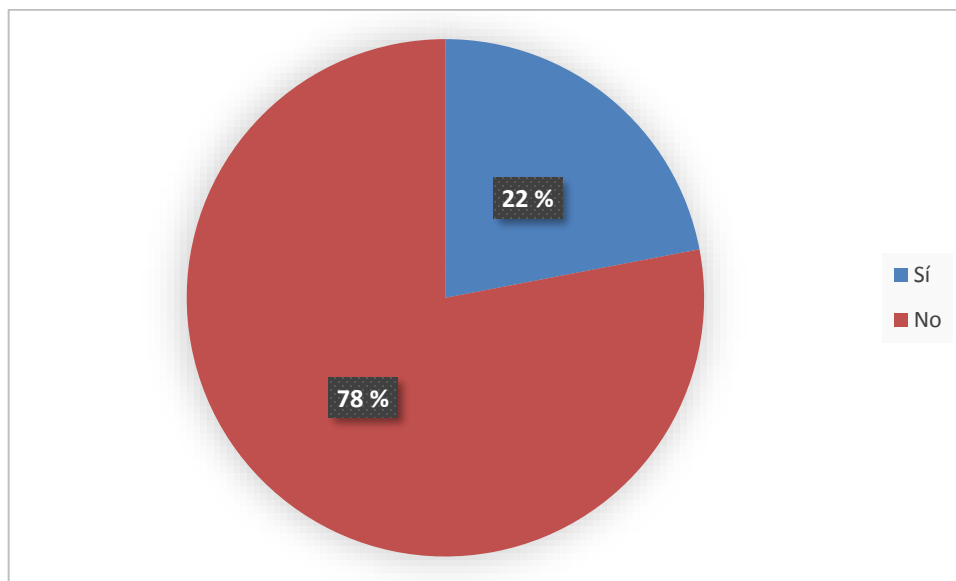


Fuente: elaboración propia.

Los profesionales entrevistados consideran en una mayoría absoluta el teléfono celular como de mayor utilidad considerando la accesibilidad al dispositivo, ya que dispone de un teléfono personal y lo lleva consigo diariamente. Ningún médico consideró la computadora en sus respuestas, esto es debido a que los médicos en el hospital Roosevelt, lugar donde se realizó esta encuesta, no disponen de una oficina fija; además, la aprobación del uso de un ordenador requiere trámites burocráticos debido a costos y procesos de licitación que son obligatorios para instituciones del Estado de Guatemala.

- Pregunta número 8: ¿conoce alguna plataforma (sitio web) en el que pueda consultar información histórica y estadística acerca de indicadores básicos de salud de la población guatemalteca?

Figura 27. **Porcentaje de respuesta a pregunta número 8**



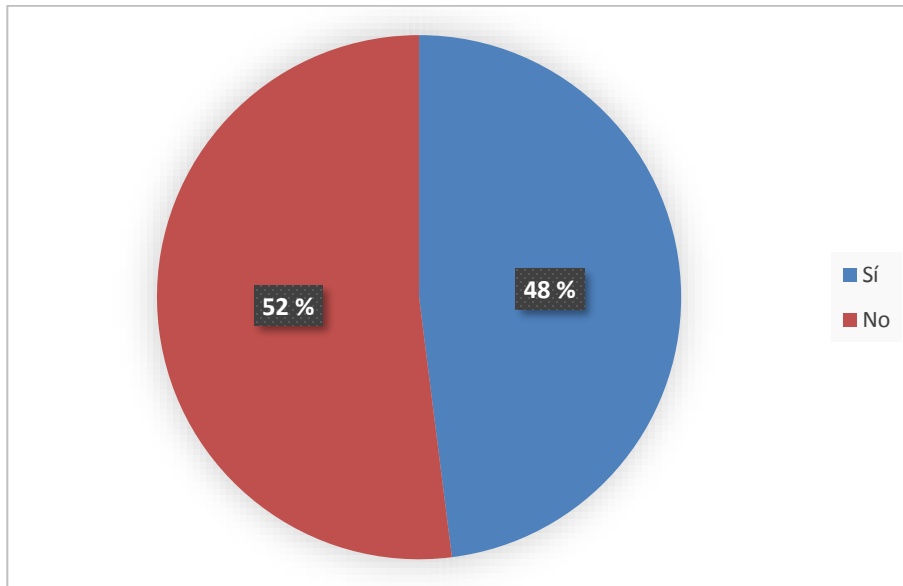
Fuente: elaboración propia.

El 78 % de los médicos entrevistados desconoce de la existencia de una plataforma que centralice y genere indicadores básicos de salud de la población guatemalteca. Existe la necesidad de determinar los alcances de las plataformas que conoce el 22 % que respondió de manera afirmativa.

Las respuestas a esta pregunta indica el desconocimiento por falta de inducción que se le da a un médico acerca de las plataformas y bancos de datos que pueden ser de ayuda para un control preciso de la información histórica de la población guatemalteca.

- Pregunta número 9: ¿ha escuchado el concepto “minería de datos”?

Figura 28. **Porcentaje de respuesta a la pregunta número 9**



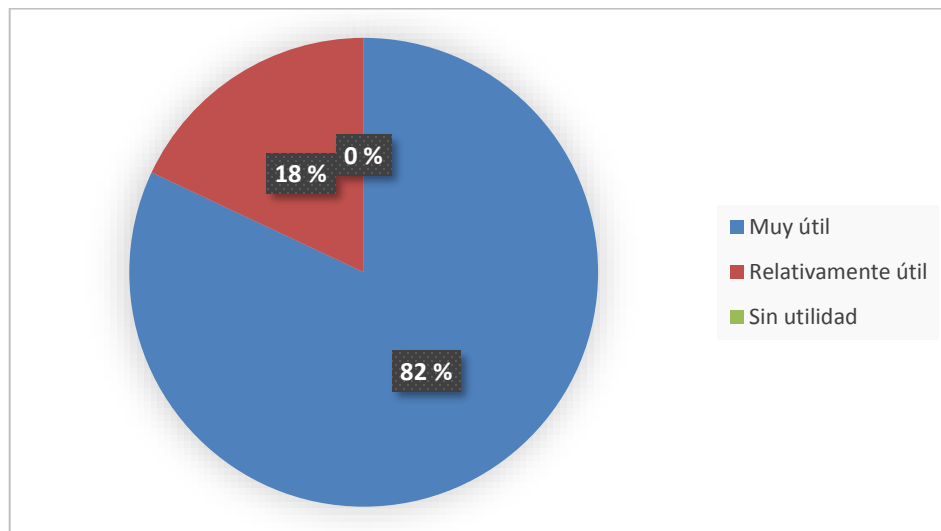
Fuente: elaboración propia.

El objetivo de esta pregunta es determinar si un médico ha escuchado, leído o estudiado de manera general el concepto de minería de datos, para conocer el grado de desconocimiento del concepto, y con base en esto proponer una forma de difundir las ventajas, desventajas y propiedades de un sistema de minería de datos.

El 52 % indicó desconocer el concepto, y el 48 % indicó tener un conocimiento de ello. No se determina en esta pregunta el grado de conocimiento de las personas que afirman conocerlo, pero se sugiere hacer un estudio a futuro con un mayor énfasis en reducir el porcentaje de médicos que tiene un desconocimiento de las herramientas propuestas.

- Pregunta número 10: ¿considera útil una aplicación y un sitio web en el que pueda monitorear la evolución sintomática de sus pacientes?

Figura 29. **Porcentaje de respuesta a la pregunta número 10**



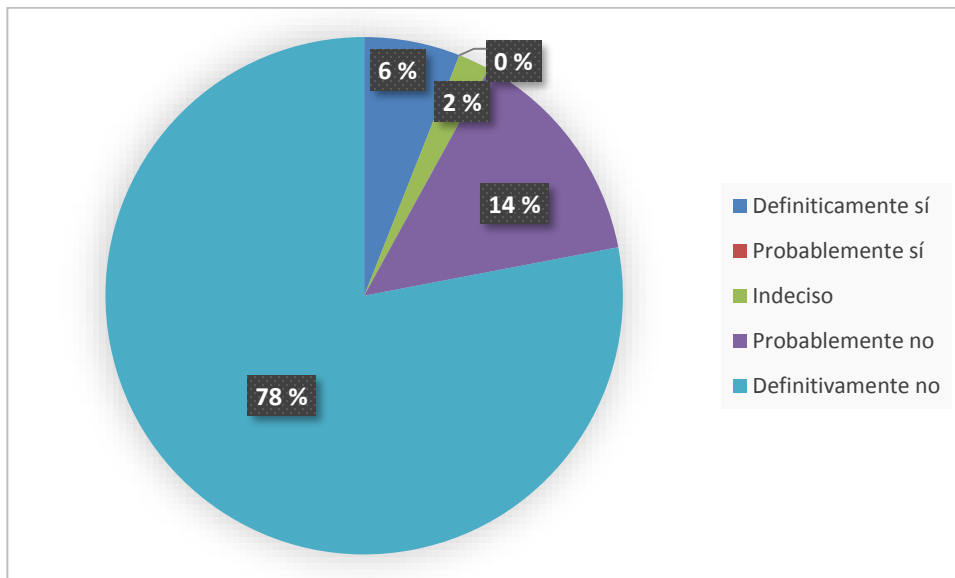
Fuente: elaboración propia.

Esta pregunta fue planteada para determinar la percepción de un médico ante una aplicación que tiene el enfoque descrito en el capítulo 3: monitorear la evolución sintomática de un paciente bajo un determinado tratamiento médico. El 82 % considera muy útil la aplicación, esto indica una oportunidad para enlazar la plataforma y el doctor, ya que a través de la aplicación se comienza la recolección de datos de los cuales se alimentaría la plataforma que genera los indicadores de salud.

Como el doctor percibe que es de utilidad la aplicación de monitoreo, se concluye que puede ser utilizada como mecanismo de recolección de datos y herramienta de ayuda al doctor en el desempeño de sus labores.

- Pregunta número 11: en los últimos 5 años, ¿ha consultado y utilizado algún indicador de salud a nivel nacional para tomar una decisión en el desempeño de sus labores?

Figura 30. **Porcentaje de respuesta a la pregunta núm. 11**



Fuente: elaboración propia.

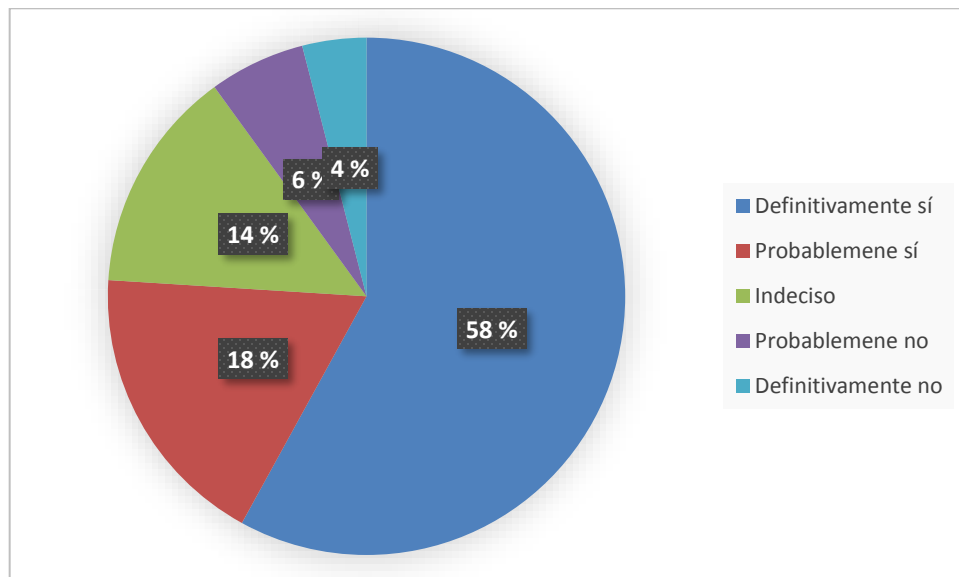
El 78 % de los médicos que respondieron a la encuesta indica que definitivamente no han utilizado algún indicador de salud para tomar alguna decisión en el desempeño de sus labores, sumado un 14 % que respondió que probablemente no. Contrasta con un bajo 6 % de médicos quienes indican que en alguna ocasión tomaron como referencia un dato estadístico para determinar el tratamiento médico adecuado o recomendado para un paciente.

Por lo que se determina que la proposición e implementación de una plataforma nacional de recolección de datos en tiempo real ayudaría a reducir

ese alto número de médicos que desconocen las herramientas y ventajas de la minería de datos aplicada a la medicina.

- Pregunta número 12: ¿estaría usted dispuesto a contribuir en el uso de una plataforma nacional que centralice datos de salubridad de la población guatemalteca?

Figura 31. **Porcentaje de respuesta a la pregunta número 12**



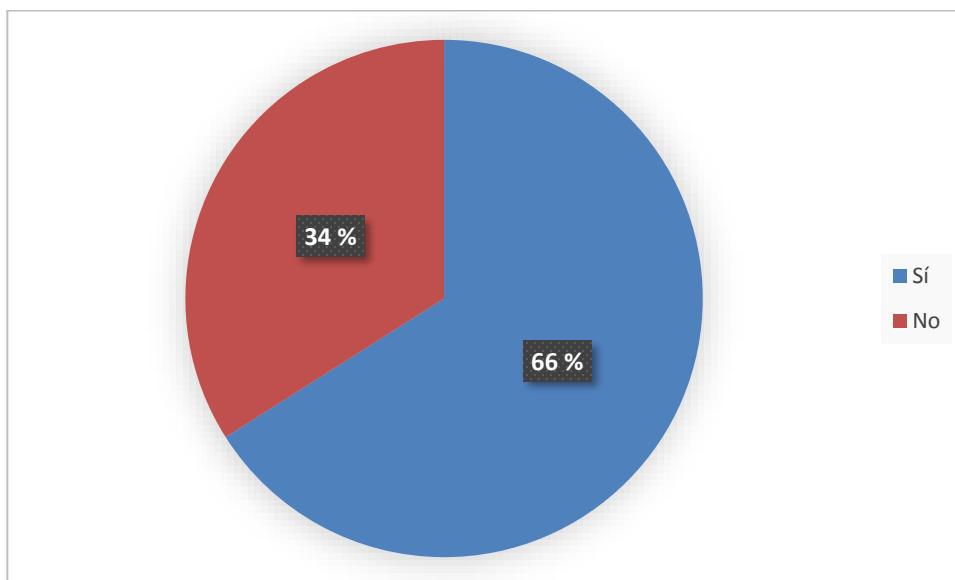
Fuente: elaboración propia.

Esta pregunta fue planteada con el objetivo de determinar la aceptación y el nivel de contribución que un médico está dispuesto a dar en el uso de la plataforma planteada; se hace énfasis en que el propósito es el bienestar y progreso del sistema de salud en Guatemala potenciado a través de una plataforma centralizadora de datos.

El 58 % ha respondido que definitivamente sí, y el resto se divide en respuestas donde la incertidumbre y el desconocimiento impera. Al tener aceptación se concluye que la plataforma es totalmente viable en términos de recepción por parte de los médicos.

- Pregunta número 13: ¿ha escuchado el concepto de modelos predictivos aplicados a la medicina?

Figura 32. **Porcentaje de respuesta a la pregunta número 13**



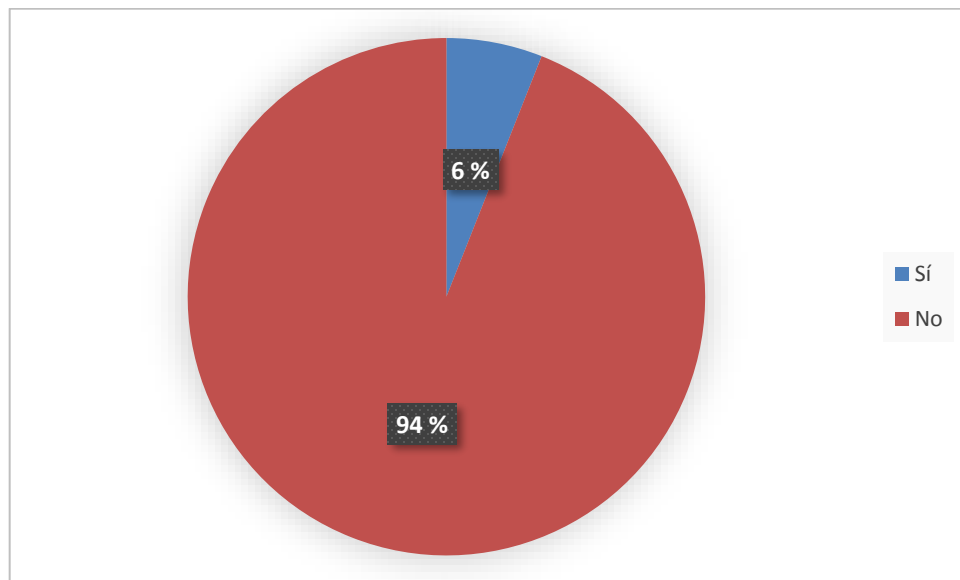
Fuente: elaboración propia.

Esta pregunta tiene como objetivo determinar si un médico tiene conocimiento o alguna inducción respecto a modelos estadísticos predictivos con un enfoque a la medicina. A diferencia del planteamiento de la minería de datos, los médicos tienen un mayor conocimiento de los modelos predictivos, un 66 % afirma haber escuchado el término; con lo que se concluye que si bien la

minería de datos involucra mayor descripción y detalle en aspectos técnicos y tecnológicos, la divulgación y el fortalecimiento en la enseñanza de los modelos predictivos aplicados a la medicina deben ser tomados como la base para aprovechar este campo de la estadística en Guatemala.

- Pregunta número 14: ¿tiene conocimiento de algún sistema, aplicación o software que mediante modelos predictivos determine la efectividad de un tratamiento médico?

Figura 33. **Porcentaje de respuesta a la pregunta número 14**



Fuente: elaboración propia.

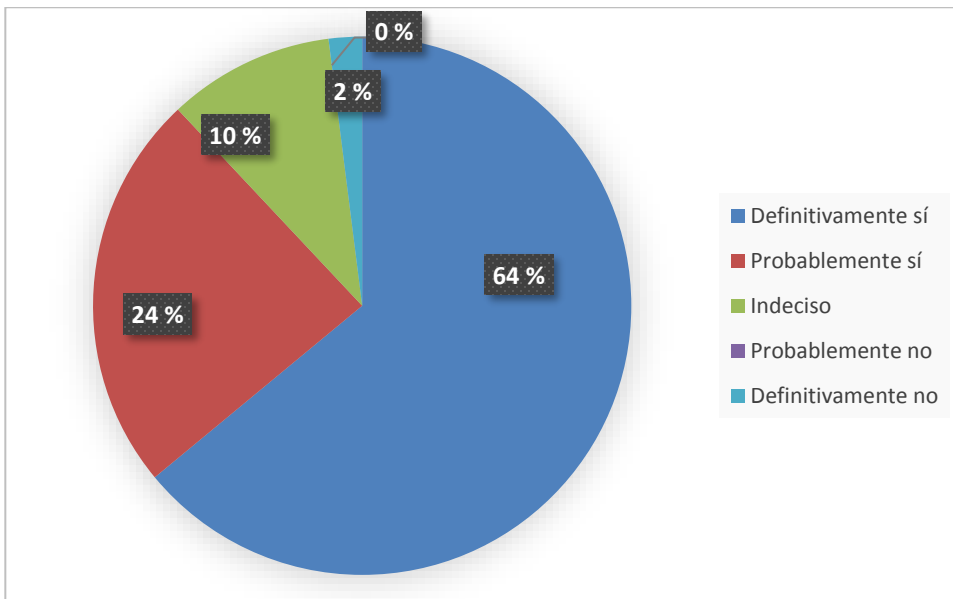
Con un resultado del 94 % de médicos que indica desconocer alguna plataforma que cuente con las características del sistema planteado, se concluye que debido al alto desconocimiento y poca familiaridad el sistema, una implementación completa una plataforma de minería de datos no es viable para

hasta no haber dado una inducción y divulgación de las ventajas, desventajas y formas correctas de uso de la información que da paso a generar indicadores de salud.

De implementar el sistema sin una inducción y capacitación a los profesionales de la medicina, existiría una poca noción de las ventajas de la plataforma.

- Pregunta número 15: ¿considera que el aporte de las tecnologías de la información a la medicina en los últimos 20 años ha sido de gran utilidad?

Figura 34. **Porcentaje de respuesta a la pregunta número 15**



Fuente: elaboración propia.

El objetivo de esta pregunta era determinar el nivel de aceptación y conciencia de los médicos entrevistados acerca de los aportes de las tecnologías de la información en los últimos 20 años. El 64 % acepta que en definitiva ha sido de gran utilidad para la medicina. Este alto porcentaje, sumado al 24 % que respondió que probablemente sí, indica que a pesar del poco aprovechamiento de la alta cantidad de aplicaciones móviles de las que dispone un médico, existe una aceptación y valoración de los aportes tecnológicos que se han hecho al campo de la medicina en los últimos 20 años, años en los cuales se ha descentralizado el desarrollo de software y ha incrementado el número de plataformas con distintos propósitos.

CONCLUSIONES

1. A partir de los resultados obtenidos se observa que el sistema planteado tiene una aceptación a nivel de ventajas; sin embargo, existe un desconocimiento muy evidente acerca de lo que es un sistema de minería de datos aplicado a la medicina.
2. Con base en los resultados obtenidos en las encuestas se determina que la manera inicial de contribuir a mejorar la relación paciente doctor es a través de prototipos de aplicaciones móviles que envíen los resultados de la evolución sintomática al doctor y de esa manera reducir la brecha entre el tratamiento indicado y su efectividad.
3. Los resultados indican que los médicos guatemaltecos que formaron parte de este estudio perciben de alta utilidad una plataforma nacional que centralice datos de salubridad de la población guatemalteca.
4. Es necesaria una inducción general de la minería de datos enfocada a la medicina para llevar a cabo una implementación en su totalidad del sistema planteado.
5. Sin una plataforma y un mecanismo de recolección de datos acerca de la evolución sintomática de un paciente es imposible realizar análisis sobre la gestión y prevención en los distintos temas de sanidad de la población guatemalteca.

RECOMENDACIONES

1. Promover la divulgación de la minería de datos en el sector de salud pública y describir casos reales de éxito para que exista un nivel de entendimiento básico el cual sea el punto de partida para la implementación completa del sistema.
2. No se recomienda implementar el sistema en su totalidad debido a que existiría poco uso del mismo tomando en cuenta que el médico no comprende el concepto de la minería de datos en su totalidad.
3. Implementar prototipos con alcances pequeños y específicos que poco a poco con la modularidad que el diseño del sistema propone se unifiquen y hagan en su conjunto la implementación completa del sistema de minería de datos.
4. Desarrollar como primer prototipo el sistema de recolección de datos en tiempo real, del cual se alimente la plataforma debido a que la recolección de datos es el núcleo del sistema.
5. Prestar atención a la brecha generacional a partir de la cual existe un alto número de médicos que han sido formados en los últimos 10 años bajo una cultura que promueve el alto uso de la tecnología, y un alto enfoque en el uso de dispositivos móviles.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acens. *Bases de datos NoSQL, Qué son y tipos que nos podemos encontrar.* [en línea]. <<https://www.acens.com/wp-content/images/2014/02/bbdd-nosql-wp-acens.pdf>>. [Consulta: 10 de septiembre de 2016].
2. ALVEZ, Rodrigo. Universidad de Montevideo. *Aplicación de Telemedicina para la mejora de los sistemas de emergencias y diagnósticos clínicos.* [en línea]. <http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_234_AplicacionTelemedicinamejorasistemasemergenciasydiagnosticosclnicos.-Alvez.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2016].
3. BERZAL, Fernando. DECSAI, Departamento de Ciencias de la Computación e I.A. Universidad de Granada. *Bases de datos NoSQL.* [en línea]. <<http://elvex.ugr.es/decsai/information-systems/slides/32%20Data%20Access%20-%20NoSQL.pdf>>. [Consulta: 10 de septiembre de 2016].
4. CAPURRO, Daniel; RADA, Gabriel. Scielo *El proceso diagnóstico.* [en línea]. <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872007000400018>. [Consulta: 09 de septiembre de 2016].
5. Gobierno de España, Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación OMS (Organización Mundial de la Salud). [en línea].

<<http://www.exteriores.gob.es/RepresentacionesPermanentes/OficinadelasNacionesUnidas/es/quees2/Paginas/Organismos%20Especializados/OMS.aspx>>. [Consulta: 09 de septiembre de 2016].

6. Instituto Nacional de Ciberseguridad de España. INCIBE. *Riesgos y amenazas en cloud computing*. [en línea]. <https://www.incibe.es/extfrontinteco/img/File/intecocert/EstudiosInformes/cert_inf_riesgos_y_amenazas_en_cloud_computing.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2016].
7. Instituto Nacional de Estadística Guatemala. *Misión y visión*. [en línea]. <<https://www.ine.gob.gt/index.php/institucion/mision-y-vision>>. [Consulta: 09 de septiembre de 2016].
8. LÓPEZ PEÑA, Carlos Andrés. VITRINA EIA Repositorio Institucional. *Análisis de las bases de datos NoSQL como alternativa a las bases de datos SQL*. [en línea]. <<http://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/411/1/INFO0050.pdf>>. [Consulta: 10 de septiembre de 2016].
9. Management Solutions. *La nube: oportunidades y retos para los integrantes de la cadena de valor*. [en línea]. <<http://www.managementsolutions.com/PDF/ESP/La-nube.pdf>>. [Consulta: 10 de septiembre de 2016].
10. NADER, Karim. El Hospital. *¿Qué es la telemedicina?* [en línea]. <<http://www.elhospital.com/temas/Que-es-la-telemedicina+8082249>>. [Consulta: 10 de septiembre de 2016].

11. NOVÁS GÓMEZ, José Díaz. Scielo. *El tratamiento médico: experiencia, base teórica y método*. [en línea]. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2008000400009>. [Consulta: 09 de septiembre de 2016].
12. Organización Mundial de la Salud. *Documentos básicos*. [en línea]. <<http://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd48/basic-documents-48th-edition-sp.pdf?ua=1#page=7>>. [consulta: 09 de septiembre de 2016].
13. Programa Nacional de Infraestructuras Críticas de Información y Ciberseguridad. Internet Sano. *Qué es el cloud computing*. [en línea]. <http://www.internetsano.gob.ar/archivos/cloudcomputing_empresas.pdf>. [Consulta: 09 de septiembre de 2016].
14. SIMOVICI, Dan A. Umass Boston Computer Sciencie. *Data mining of medical data: opportunities and challenges*. [en línea]. <<http://www.cs.umb.edu/~dsim/papersps/slidesR.pdf>>. [Consulta: 09 de septiembre de 2016].
15. SOSA SOSA, Víctor J. Cinvestav Tamaulipas. *MIDDLEWARE: arquitectura para aplicaciones distribuidas*. [en línea]. <http://www.tamps.cinvestav.mx/~vjsosa/clases/sd/Middleware_Re corrido.pdf>. [Consulta: 10 de septiembre de 2016].
16. VERGELES, José María. CESIF. *La telemedicina. Desarrollo, ventajas y dudas*. [en línea]. <<http://ferran.torres.name/edu/imi/59.pdf>>. [Consulta: 10 de septiembre de 2016].

APÉNDICE

Apéndice 1. Encuesta

Se realizó la siguiente encuesta a doctores de manera personal, teniendo una muestra de 50 encuestados. El formato de la encuesta fue:



Universidad de San Carlos de Guatemala
Faculta de Ingeniería
Escuela de Ciencias y Sistemas

SISTEMA DE MINERÍA DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE
TRATAMIENTOS MÉDICOS Y GENERACIÓN DE INDICADORES BÁSICOS DE SALUD DE LA POBLACIÓN
GUATEMALTECA

1. Años ejerciendo la profesión:
 - a. 0-5
 - b. 5-10
 - c. 10-15
 - d. 15 – adelante
2. Rango de edad:
 - a. 25 – 30
 - b. 30 – 40
 - c. 40 – 50
 - d. 50 – adelante
3. ¿Conoce el nombre del sistema operativo de su teléfono celular?
 - a. Si
 - b. No
4. ¿Cuál de los siguientes sistemas operativos dispone en su teléfono celular?
 - a. Android
 - b. IOS
 - c. Desconozco
5. ¿Utiliza alguna aplicación en su teléfono celular para el desempeño de sus labores?
 - a. Si
 - b. No

Continuación del apéndice 1.

6. ¿Con qué frecuencia utiliza alguna aplicación en su celular para el desempeño de sus labores?
 - a. Siempre
 - b. Casi siempre
 - c. Casi nunca
 - d. Nunca
7. ¿Cuál de los siguientes dispositivos considera de mayor utilidad para desempeñar sus labores, tomando en cuenta el factor de accesibilidad?
 - a. Computadora
 - b. Teléfono celular
 - c. Tablet
8. ¿Conoce alguna plataforma (sitio web) en el que pueda consultar información histórica y estadística acerca de indicadores básicos de salud de la población guatemalteca?
 - a. Si
 - b. No
9. ¿Ha escuchado el concepto “minería de datos”?
 - a. Si
 - b. No
10. ¿Considera útil una aplicación y un sitio web en el que pueda monitorear la evolución sintomática de sus pacientes?
 - a. Muy útil
 - b. Relativamente útil
 - c. Sin utilidad
11. En los últimos 5 años, ¿Ha consultado y utilizado algún indicador de salud a nivel nacional para tomar una decisión en el desempeño de sus labores?
 - a. Definitivamente si
 - b. Probablemente si
 - c. Indeciso
 - d. Probablemente no
 - e. Definitivamente no
12. ¿Estaría usted dispuesto a contribuir en el uso de una plataforma nacional que centralice datos de salubridad de la población guatemalteca?
 - a. Definitivamente si
 - b. Probablemente si
 - c. Indeciso
 - d. Probablemente no
 - e. Definitivamente no

Continuación del apéndice 1.

13. ¿Ha escuchado el concepto de modelos predictivos aplicados a la medicina?
 - a. Si
 - b. No
14. ¿Tiene conocimiento de algún sistema/aplicación /software que mediante modelos predictivos determine la efectividad de un tratamiento médico?
 - a. Si
 - b. No
15. ¿Considera que el aporte de las tecnologías de la información a la medicina en los últimos 20 años ha sido de gran utilidad?
 - a. Definitivamente si
 - b. Probablemente si
 - c. Indeciso
 - d. Probablemente no
 - e. Definitivamente no

Fuente: elaboración propia.

