

# Tabla de Contenidos

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Contexto . . . . .	1
1.1.1. Situación Actual . . . . .	2
1.1.2. Datos Disponibles . . . . .	3
1.2. Problema u Oportunidad . . . . .	4
1.3. Hipótesis de Investigación . . . . .	4
1.4. Objetivos . . . . .	4
1.4.1. Objetivo General . . . . .	5
1.4.2. Objetivos Específicos . . . . .	5
1.5. Metodología . . . . .	5
1.5.1. Levantamiento de Requerimientos . . . . .	5
1.5.2. Procesamiento de Datos . . . . .	6
1.5.3. Modelo de Detección de Arritmias . . . . .	8
1.5.4. Desarrollo del Framework . . . . .	9
1.6. Resultados Esperados . . . . .	10
1.7. Contribución de la Memoria . . . . .	10
<b>2. Marco Conceptual</b>	<b>11</b>
2.1. Electrocardiograma (Electrocardiograma (ECG)) . . . . .	11
2.1.1. El Corazón . . . . .	12
2.1.2. Captura del Electrocardiograma . . . . .	14
2.1.3. Arritmia . . . . .	15
2.1.4. Métodos para el Análisis de Señales Electrocardiográficas . . . . .	17
<b>3. Identificación de Requerimientos y Diseño de la Plataforma</b>	<b>23</b>
3.1. Requerimientos . . . . .	23
3.1.1. Requerimientos de la Plataforma . . . . .	23
3.2. Diseño de la Plataforma . . . . .	24
3.2.1. Capa de Presentación Web . . . . .	25
3.2.2. Fuentes de Datos . . . . .	25
3.2.3. Motor del Framework . . . . .	26
3.2.4. Arquitectura Mínima Necesaria . . . . .	27
3.2.5. Flujo de las Comunicaciones de la Arquitectura . . . . .	28
3.3. Discusión de Resultados y Propuestos . . . . .	28
<b>4. Desarrollo de la Plataforma</b>	<b>30</b>

4.1. Extracción de Datos . . . . .	30
4.2. Base de Datos . . . . .	31
4.3. Plataforma . . . . .	31
4.4. Interfaz Web . . . . .	32
4.5. Motor de Simulación . . . . .	33
4.6. Implementación y Desarrollo del Prototipo . . . . .	34
4.6.1. Costo del Desarrollo . . . . .	34
4.6.2. Costo de Monitoreo y Mantenimiento . . . . .	35
4.7. Discusión de Resultados y Propuestos . . . . .	35
<b>5. Caso de Uso, Modelo de Detección de Arritmias</b>	<b>37</b>
5.1. Descripción del Modelo . . . . .	38
5.2. Desarrollo del Modelo . . . . .	39
5.3. Evaluación y Entrenamiento del Modelo . . . . .	43
5.4. Discusión de Resultados y Propuestos . . . . .	44
<b>Conclusión</b>	<b>45</b>
5.5. Resultados Esperados . . . . .	46
5.6. Propuestas de Mejora y Aprendizajes para Futuras Investigaciones . . . . .	47
5.6.1. Mejoras en la metodología . . . . .	48
5.6.2. Nuevas líneas para la Investigación . . . . .	49
<b>Bibliografía</b>	<b>53</b>
<b>A. Ilustraciones y Gráficos</b>	<b>56</b>
<b>B. Tablas</b>	<b>61</b>
<b>C. Capturas de Pantalla</b>	<b>65</b>

# Índice de Tablas

3.1.	Requerimientos para el desarrollo de un modelo de minería de datos. . . . .	24
3.2.	Requerimientos de la capa de presentación. . . . .	25
3.3.	Requerimientos de la capa de datos. . . . .	26
3.4.	Requerimientos de la capa de datos. . . . .	27
3.5.	Listado de los diferentes paquetes con los que los diferentes componentes de la aplicación se comunican entre si. <b>MP:</b> Máquina Procesadora, esta puede ser tanto el computador del investigador o una de las instancias levantadas por el balanceador de carga. <b>SA:</b> Servidor de Aplicación. <b>SW:</b> Servidor Web. <b>BD:</b> Base de datos. <b>BC:</b> Balanceador de Carga. . . . .	29
5.1.	Frecuencia de aparición de todas las anotaciones presentes en la base de datos de Arritmias MIT-BIH. En negrita se encuentran destacadas las anotaciones que corresponden a la fisiología del latido. . . . .	39
5.2.	Tamaño de las muestras seleccionadas para cada fase del modelo. . . . .	43
5.3.	Resumen de los resultados obtenidos tras la ejecución final del modelo. . . . .	44
B.1.	Anotaciones relacionadas con la fisiología del latido, fuente [1] . . . . .	61
B.2.	Anotaciones no relacionadas con la fisiología del latido [1] . . . . .	62
B.3.	Tipos de redes y su Dominio [17] . . . . .	63
B.4.	Costos en horas hombre del desarrollo de los elementos restantes del prototipo. . . . .	64

# Índice de Ilustraciones

1.1.	Ejemplo de clasificación y detección de objetos en una imagen, Fuente: [32]	2
1.2.	Proceso de Registro Electrocardiográfico en la Base de Datos MIT-BIH [28].	3
1.3.	Proceso de estudio de datos mediante la utilización de Cross Industry Standar Process for Data Mining (CRISP-DM) [37]. . . . .	6
1.4.	Flujo de trabajo en la metodología ágil de desarrollo. . . . .	9
2.1.	Esquema representativo de un electrocardiograma en condiciones normales y sus principales segmentos e intervalos [13, 21]. . . . .	11
2.2.	Flujo Sanguíneo a través del Sistema Circulatorio [23]. . . . .	12
2.3.	Proceso de cambios asociados a una falla ventricular, el que dispara múltiples mecanismos tanto nerviosos como hormonales, con el único objetivo de compensar la falla cardíaca y así poder entregar parte de la función cardíaca. Parte esencial del proceso es el equilibrio que se espera alcanzar posterior a la activación del proceso, no obstante si la falla no es compensada, el proceso no llegará a un equilibrio y puede provocar tanto un edema pulmonar como sistémico [23] . . . . .	13
2.4.	Derivaciones generadas por cada par de electrodos [10] . . . . .	14
2.5.	Proceso de Conducción Eléctrica segmentado por etapa visible en el electrocardiograma [10]. . . . .	15
2.6.	Ejemplos de diferentes tipos de arritmias, fuente [23] . . . . .	16
2.7.	Proceso clásico de diagnóstico automático [13]. . . . .	17
2.8.	Estructura básica de un problema de aprendizaje automático (Rehacer Figura) fuente [3] . . . . .	17
2.9.	Macro proceso de una red neuronal. . . . .	19
2.10.	Funcionamiento básico de una neurona. . . . .	19
2.11.	Red Neuronal Básica con todos sus componentes. . . . .	21
2.12.	<b>Izquierda:</b> red neuronal en la que se han abandonado los nodos 4, 6 y 8, fuente [34]. <b>Derecha:</b> ilustración de una transición de capa que utiliza factores compartidos, en esta capa los pesos de las conexiones de color negro son iguales, de igual forma los pesos de las conexiones rojas, fuente [26]. . . . .	22
3.1.	Componentes capa presentación. . . . .	25
3.2.	Arquitectura de Datos . . . . .	26
3.3.	Requerimientos del Framework . . . . .	26
3.4.	Flujo interno de la información del framework. . . . .	27
3.5.	sads . . . . .	28

4.1.	Diagrama de la estructura de almacenamiento de datos electrocardiográficos	30
4.2.	Diagrama de la estructura de almacenamiento de datos de usuarios . . . . .	31
5.1.	Comparación de paradigmas que implementan Redes Neuronales de Aprendizaje Profundo (DNNs) <b>(a)</b> : Paradigma ' <i>Define-by-Run</i> ' <b>(b)</b> : Paradigma ' <i>Define-and-Run</i> ' [35]. . . . .	37
5.2.	Gráfico del valor de la evolución del valor de la función de costo durante el entrenamiento de la red. . . . .	44
5.3.	Resultados de la función de costo durante la fase de prueba del modelo. . . .	45
5.4.	Frecuencia (hs) v-s tiempo (1/100 de segundo) de serie electrocardiográfica. .	49
5.5.	<b>Arriba</b> : Voltaje medido en mili volts versus tiempo medido en 1/100 de segundo, <b>Abajo</b> : Frecuencia medida en hz, versus tiempo medido en 1/100 de segundo. . . . .	50
A.1.	Arquitectura web y del framework integradas. . . . .	56
A.2.	Grafo del modelo de detección de arritmia implementado. . . . .	57
A.3.	Evolución del valor de la sensibilidad en el modelo durante el entrenamiento.	58
A.4.	Evolución del valor de la especificidad en el modelo durante el entrenamiento.	58
A.5.	Evolución del valor de la sensibilidad para <i>th</i> durante el entrenamiento. . . .	58
A.6.	Evolución del valor de la especificidad de <i>th</i> durante el entrenamiento. . . .	59
A.7.	Evolución de la sensibilidad que el modelo entrega en la fase de prueba. . . .	59
A.8.	Evolución de la especificidad que el modelo entrega en la fase de prueba. . .	59
A.9.	Evolución de la sensibilidad de <i>th</i> en la fase de prueba. . . . .	60
A.10.	Evolución de la especificidad de <i>th</i> en la fase de prueba. . . . .	60
C.1.	Captura formulario de entrada a la plataforma. . . . .	65
C.2.	Captura vista principal de la plataforma. . . . .	66
C.3.	Captura formulario lanzamiento de test. . . . .	66
C.4.	Captura modelo de perfil de usuario. . . . .	67
C.5.	Captura modelo de notificaciones. . . . .	67
C.6.	Captura modelo de documentación. . . . .	68
C.7.	Captura de pantalla de la interfaz gráfica Tensorboard, mostrando la vista de eventos. . . . .	68
C.8.	Captura de pantalla de la interfaz gráfica Tensorboard, mostrando la vista parcial del grafo desarrollado en ésta tesis. . . . .	69