



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Tecnológico de Orizaba División de Estudio de Posgrado e Investigación

TESIS

Identificación de nivel de estrés académico mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial y el paradigma de Internet de las Cosas

PRESENTADO POR:

I.T.I. María Dolores González Martínez M21011174

PARA OBTENER EL GRADO DE:

Maestro en Sistemas Computacionales

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. José Luis Sánchez Cervantes

CODIRECTOR DE TESIS:

Dra. Maritza Bustos López

Orizaba, Veracruz, octubre del 2023

Orizaba, Veracruz, **26/octubre/2023**
Dependencia: **División de Estudios de
Posgrado e Investigación**
Asunto: **Autorización de Impresión**
OPCION: I

**C. MARÍA DOLORES GONZÁLEZ MARTÍNEZ
CANDIDATO A GRADO DE MAESTRO EN:
SISTEMAS COMPUTACIONALES
P R E S E N T E.-**

De acuerdo con el Reglamento de Titulación vigente de los Centros de Enseñanza Técnica Superior, dependiente de la Dirección General de Institutos Tecnológicos de la Secretaría de Educación Pública y habiendo cumplido con todas las indicaciones que la Comisión Revisora le hizo respecto a su Trabajo Profesional titulado:

" Identificación de nivel de estrés académico mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial y el paradigma de Internet de las Cosas."

comunico a Usted que este Departamento concede su autorización para que proceda a la impresión del mismo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA – TÉCNICA - CULTURA®



**DR. CUAUHTÉMOC SÁNCHEZ RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



OG-13-F06



Orizaba, Veracruz, **26/septiembre/2023**
Asunto: **Revisión de trabajo escrito**

C. CUAUHTÉMOC SÁNCHEZ RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.-

Los que suscriben, miembros del jurado, han realizado la revisión de la Tesis del (la) C.

MARÍA DOLORES GONZÁLEZ MARTÍNEZ

La cual lleva el título de:

Identificación de nivel de estrés académico mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial y el paradigma de Internet de las Cosas.

Y concluyen que se acepta.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

PRESIDENTE: DR. JOSÉ LUIS SÁNCHEZ
CERVANTES



FIRMA

SECRETARIO: DR. GINER ALOR HERNÁNDEZ



FIRMA

VOCAL: M.C. MARÍA ANTONIETA ABUD
FIGUEROA



FIRMA

VOCAL SUP.: DRA. MARITZA BUSTOS LÓPEZ



FIRMA

TA-09-18





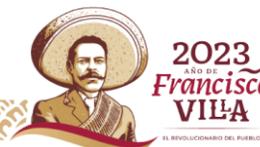
CARTA DE ORIGINALIDAD

En la ciudad de Orizaba, Veracruz, el día lunes 06 de noviembre del año 2023, el (la) que suscribe **María Dolores González Martínez**, alumno (a) del programa de Maestría en Sistemas Computacionales con número de control **M21011174**, **manifiesta que es autor(a)** del trabajo de tesis titulado **“Identificación de nivel de estrés académico mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial y el paradigma de Internet de las Cosas”** y declara que el trabajo es original ya que sus contenidos son producto de mi directa contribución intelectual. Todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal y, en los casos que así lo requieran, cuento con las debidas autorizaciones de quienes poseen los derechos patrimoniales. Por lo tanto, me hago responsable de cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA – TÉCNICA - CULTURA®

MARÍA DOLORES GONZÁLEZ MARTÍNEZ
AUTOR DEL TRABAJO DE TESIS





CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En la ciudad de Orizaba, Veracruz, el día lunes 06 de noviembre del año 2023, el (la) que suscribe **María Dolores González Martínez**, alumno (a) del programa de Maestría en Sistemas Computacionales con número de control **M21011174**, **manifiesta que es autor (a)** del trabajo de tesis bajo la dirección del Dr. José Luis Sánchez Cervantes y cede los derechos del trabajo de tesis titulado **“Identificación de nivel de estrés académico mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial y el paradigma de Internet de las Cosas”** al Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba para su difusión y divulgación, con fines académicos y de investigación.

Queda estrictamente prohibido reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba. Este puede obtenerse escribiendo a la siguiente dirección: msc@orizaba.tecnm.mx. Si el permiso se otorga, cualquier usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
CIENCIA - TÉCNICA - CULTURA®

MARÍA DOLORES GONZÁLEZ MARTÍNEZ
AUTOR DEL TRABAJO DE TESIS



AGRADECIMIENTOS

“La superación no tiene límites, cada día, cada momento, estamos presentes con una nueva oportunidad para crecer y ser mejores”

Después de tanto esfuerzo y dedicación estoy en la recta final, este logro es el resultado del amor, dedicación, y sacrificio de personas muy importantes en mi vida, y quiero expresar en este espacio mi agradecimiento, principalmente a Dios por iluminar mi camino y darme la sabiduría necesaria a lo largo de este viaje. A mi madre, que es un faro de amor y fortaleza que ilumina cada paso que doy, ¡Mamá! tus sacrificios y tu amor incondicional son mi fuente de inspiración para ser una mejor persona día a día. A mis hermanos, por celebrar mis triunfos y por estar a mi lado durante los momentos difíciles, para ayudarme a superar obstáculos; mi gratitud se extiende a toda mi familia y amigos, quienes me brindaron su apoyo incondicional durante todo este proceso, con palabras de aliento para seguir adelante.

También quiero agradecer a mi director de tesis, el Dr. Jose Luis por su valiosa orientación, retroalimentación y sugerencias que contribuyeron significativamente a mejorar la calidad de este trabajo, además de su dedicación para ayudarme a crecer como estudiante y como persona.

Y finalmente quiero agradecerte a ti... Gracias papá por todas las oportunidades que me diste, por sentirte orgulloso de mi y creer en mi hasta en tu último aliento, nos faltó tiempo, pero, aunque ya no estes físicamente, siento tu presencia a mi lado y comparto contigo cada uno de mis logros, siempre vivirás en mi corazón.

Índice

Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
Introducción.....	1
Capítulo 1. Antecedentes.....	3
1.1 Marco Teórico.....	3
1.1.1 Enfermedad Mental.....	3
1.1.1.1 Estrés.....	4
1.1.1.2 Estrés Académico.....	5
1.2.1 Inteligencia Artificial.....	5
1.2.1.1 Inteligencia artificial estrecha.....	6
1.2.1.2 Inteligencia artificial general.....	7
1.2.1.3 Superinteligencia artificial.....	7
1.3.1 Aprendizaje Máquina.....	7
1.4.1 Internet de las Cosas.....	8
1.4.1.1 Dispositivos vestibles.....	10
1.5.1 Biomarcador.....	10
1.5.1.1 Biomarcadores más relevantes para identificar estrés.....	11
1.6.1 Electroencefalograma (EEG).....	12
1.6.1.1 Tipos de ondas cerebrales.....	13
1.7.1 Respuestas fisiológicas ante el estrés.....	14
1.2 Situación tecnológica, económica y operativa de la empresa.....	14
1.3 Planteamiento del Problema.....	15
1.4 Objetivo General y Objetivos Específicos.....	16
1.4.1. Objetivo general.....	16
1.4.2. Objetivos específicos.....	16
1.5 Justificación.....	16
Capítulo 2. Estado de la práctica.....	18
2.1 Trabajos relacionados.....	18

2.1.1 Monitoreo de estrés.....	18
2.1.2 Identificación de parámetros de estrés.....	22
2.1.3 Sensores para la detección de estrés.....	25
2.2 Análisis Comparativo.....	27
2.3 Propuesta de solución.....	31
2.3.1 Tecnologías de la propuesta de solución.....	32
2.3.1.1 Python.....	32
2.3.1.2 Scikit-Learn.....	33
2.3.1.3 Laravel.....	33
2.3.1.4 Visual Studio Code.....	33
2.3.1.5 Muse®.....	34
2.3.1.6 MySQL.....	34
2.3.1.7 Algoritmos de Aprendizaje Automático.....	35
Capítulo 3. Aplicación de la metodología.....	38
3.1 Planeación.....	38
3.1.1 Análisis de aplicaciones para gestionar estrés.....	38
3.1.2 Análisis de biomarcadores.....	40
3.1.2.1 Biomarcadores que se relacionan con la detección de estrés.....	40
3.1.2.2 Biomarcadores que se consideraron para este trabajo de tesis.....	42
3.1.2.3 Obtención de datos con MUSE®.....	43
3.1.3 Análisis de conjuntos de datos de cortisol.....	46
3.1.5 Análisis de instrumentos psicológicos para medir estrés.....	47
3.1.6 Análisis de requisitos.....	49
3.1.6.1 Requisitos funcionales.....	49
3.1.6.2 Requisitos no funcionales.....	50
3.1.6.3 Diagrama general de casos de uso.....	50
3.1.7 Cronograma de actividades.....	52
3.2 Diseño.....	53
3.2.1 Diagramación del funcionamiento del módulo.....	53
3.2.1.1 Diagrama de actividades.....	53
3.2.1.2 Diagrama de base de datos.....	55

3.2.1.3	Diccionario de datos.....	57
3.2.2	Arquitectura del módulo.....	61
3.2.2.1	Capa de presentación.....	62
3.2.2.2	Capa de integración.....	62
3.2.2.3	Capa de servicios.....	62
3.2.2.4	Capa de datos	63
3.2.3	Metodología del modelo.....	64
3.2.4	Diseño de interfaces de usuario.....	65
3.3	Codificación	70
3.3.1	Módulo de identificación de nivel de estrés académico.....	70
3.3.2	Validación de valores para los niveles de estrés	74
3.3.2.1	Reglas para nivel bajo de estrés	75
3.3.2.2	Reglas para nivel medio de estrés	76
3.3.2.3	Reglas para nivel alto de estrés	77
3.3.3	Modelo de clasificación	78
3.3.4	Servicios REST	85
Capítulo 4.	Resultados	88
4.1	Caso de estudio	88
4.1.1	Análisis de nivel de estrés en estudiantes de la Universidad del Papaloapan.	88
Capítulo 5.	Conclusiones y recomendaciones.....	103
5.1	Conclusiones	103
5.2	Recomendaciones.....	104
Productos académicos	106
Convenio específico	107
Bibliografía	110

Índice de tablas

Tabla 2.1 Análisis comparativo de artículos más relacionados.....	28
Tabla 2.2 Propuesta de solución.....	31
Tabla 3.1 Análisis de aplicaciones para la gestión de estrés.....	39
Tabla 3.2 Conjuntos de datos de Cortisol relacionados con estrés.....	46
Tabla 3.3 Estresores académicos comunes.....	47
Tabla 3.4 Instrumentos para medir estrés académico.....	48
Tabla 3.5 Cronograma de actividades.....	53
Tabla 3.6 – Diccionario de entidad Especialista	57
Tabla 3.7 – Diccionario de entidad Institución	58
Tabla 3.8 - Diccionario de entidad Carrera	58
Tabla 3.9 - Diccionario de entidad Estudiante	58
Tabla 3.10 - Diccionario de entidad Prueba	59
Tabla 3.11 - Diccionario de entidad Estrés	59
Tabla 3.12 - Diccionario de entidad Instrumento.....	59
Tabla 3.13 - Diccionario de entidad Biomarcadores.....	60
Tabla 3.14 - Diccionario de entidad Dispositivo.....	60
Tabla 3.15 - Diccionario de entidad Prueba-dispositivo	60
Tabla 3.16 Validación de valores para los biomarcadores.....	75
Tabla 3.17 Algoritmos con mejor desempeño.....	83
Tabla 3.18 Métricas de SVC	83
Tabla 3.19 Estructura de la matriz de confusión.....	84
Tabla 3.20 Matriz de confusión de SVC	85
Tabla 4.1 Resultados del cuestionario que se aplicó a los estudiantes.....	94
Tabla 4.2 Resultados de la prueba.....	98

Índice de figuras

Figura 1.1 Proceso para el intercambio de información IoT.....	9
Figura 3.1 Especificaciones de MUSE.....	43
Figura 3.2 Calibrando señal	44
Figura 3.3 Lectura de ondas cerebrales con Mind Monitor.....	45
Figura 3.4 Caso de uso general para el módulo de identificación de estrés.	51
Figura 3.5 Diagrama de actividades general para el módulo de identificación de estrés.....	54
Figura 3.6 Diagrama relacional de base de datos para el módulo de identificación de estrés.	56
Figura 3.7 Arquitectura del módulo de identificación de estrés.....	61
Figura 3.8 Metodología del modelo de clasificación.	64
Figura 3.9 Registro de usuario	66
Figura 3.10 Inicio de sesión	66
Figura 3.11 Página principal del módulo.	67
Figura 3.12 Estudiantes que se registraron en el módulo.....	67
Figura 3.13 Búsqueda de historial de diagnósticos.	68
Figura 3.14 Historial de pruebas del estudiante.	68
Figura 3.15 Detalle de biomarcadores correspondientes a una prueba de identificación de estrés.....	69
Figura 3.16 Instrumentos que se registraron en el módulo.	69
Figura 3.17 Instrumentos que se registraron en el módulo.	70
Figura 3.18 Formulario de Inicio de sesión.....	71
Figura 3.19 Página principal del panel de monitoreo de estrés.....	71
Figura 3.20 Formulario para registrar un nuevo estudiante.	72
Figura 3.21 Detalle de la información correspondiente a la prueba de un estudiante universitario.....	72
Figura 3.22 Estudiantes que se registraron en el módulo.....	73
Figura 3.23 Sección de búsqueda de un estudiante en específico.	73
Figura 3.24 Agregar un nuevo dispositivo vestible al módulo.....	74
Figura 3.25 Lista de los instrumentos que se registraron al módulo.	74
Figura 3.26 Reglas asociadas a la identificación de estrés bajo.	76
Figura 3.27 Reglas asociadas a la identificación de estrés bajo.	77
Figura 3.28 Reglas asociadas a la identificación de estrés bajo.....	78
Figura 3.29 Carga de bibliotecas para la ejecución del modelo.	79
Figura 3.30 Carga del conjunto y estadística de datos.	79
Figura 3.31 Histograma de distribución de datos.....	80

Figura 3.32 Total de estudiantes con estrés bajo y estrés alto.....	81
Figura 3.33 Estudiantes con estrés bajo y estrés alto según el género.	81
Figura 3.34 Importancia de características.....	82
Figura 3.35 Evaluación de los algoritmos.....	82
Figura 3.36 Instalación de FastAPI y Uvicorn.....	85
Figura 3.37 Comando uvicorn main:app en ejecución.....	86
Figura 3.38 Fragmento de código del servicio REST	86
Figura 3.39 Testeo de petición POST para estrés bajo.....	87
Figura 3.40 Respuesta de la solicitud.....	87
Figura 4.1 Cuestionario para identificar estrés académico.....	90
Figura 4.2 Formulario de registro de nuevo estudiante.....	91
Figura 4.3 Registro exitoso de nuevo estudiante.....	91
Figura 4.4 Sincronización de la diadema durante la prueba.....	92
Figura 4.5 Juegos de ingenio.....	93
Figura 4.6 Lectura de datos.....	93
Figura 4.7 Prueba de identificación de estrés con datos que se obtuvieron.	94
Figura 4.8 Estresores con mayor frecuencia.	97
Figura 4.9 Síntomas con mayor frecuencia.....	97
Figura 4.10 Resultados de nivel de estrés bajo	99
Figura 4.11 Resultados de nivel de estrés bajo.	99
Figura 4.12 Resultados generales de nivel de estrés por carrera, género y edad.....	100
Figura 4.13 Clasificación de estudiantes mujeres.	101
Figura 4.14 Clasificación de estudiantes hombres.	101

Resumen

Actualmente el estrés es un problema de salud mental que se generaliza puesto que es producto del estilo de vida acelerado que llevan los estudiantes universitarios al asociarse a un nivel tan alto de cargas de trabajo y responsabilidad, que en la mayoría de las veces rebasa los límites de sus capacidades, lo cual deteriora el desempeño de las actividades cotidianas y la salud mental, debido a esto, los altos niveles de estrés causan diversos síntomas, enfermedades, o bien agravan las ya existentes y ocasionan consecuencias que alteran la vida, salud y rendimiento académico. Algunos de los síntomas que se presentan al afectar la salud física son falta de apetito, dolores de cabeza, problemas digestivos, dificultad de aprendizaje, entre otros.

Por lo anteriormente descrito, en el presente trabajo de tesis, se propone el desarrollo de un módulo para la identificación de nivel de estrés académico mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial y dispositivos vestibles.

El principal beneficio del módulo que se desarrolló es la detección del nivel de estrés en los estudiantes universitarios, con el propósito de reducir este padecimiento y sus consecuencias mediante el control apropiado para mejorar el estado de salud y a su vez el rendimiento académico.

Abstract

Stress is currently a mental health problem that is widespread since it is the product of the fast-paced lifestyle that university students lead by being associated with such a high level of workloads and responsibility, which in most cases exceeds the limits of their capacities, which deteriorates the performance of daily activities and mental health, due to this, high levels of stress cause various symptoms, diseases, or aggravate existing ones and cause consequences that alter life, health and performance academic. Some of the symptoms that occur when affecting physical health are lack of appetite, headaches, digestive problems, learning difficulties, among others.

Due to the aforementioned, in this thesis project, the development of a module for the identification of academic stress level through the use of Artificial Intelligence techniques and wearable devices is proposed.

The main benefit of the module to be developed is that it will allow the detection of the level of stress in university students, with the purpose of reducing this condition and its consequences through appropriate control to improve the state of health and, in turn, academic performance.

Introducción

El estrés se considera la enfermedad mental del siglo XXI y se refiere a una respuesta fisiológica y psicológica del organismo ante ciertos estímulos o circunstancias que se perciben como desafiantes, esta respuesta incluye cambios en el ritmo cardíaco, la respiración y la liberación de hormonas del estrés, así como en las emociones. Sin embargo, es la forma en que se responde al estrés lo que determina su impacto en la salud y bienestar. El estrés tiene tanto efectos positivos como negativos en la salud, dependiendo de la intensidad y duración de la respuesta al estrés y de la capacidad de la persona para manejarla adecuadamente, aunque no solo se manifiesta negativamente, son muchas las afectaciones que produce, las cuales provocan frustración y estancamiento en el desarrollo del proyecto de vida de las personas. Según estudios que realizó la Organización Mundial de la Salud, se estima que al menos en una de cada cuatro familias, algún miembro sufre de algún trastorno mental. Por otra parte, se considera que la mayoría de las personas que padecen estrés son estudiantes universitarios, y si no se atiende a tiempo, los síntomas deterioran el desempeño académico, dañan la estabilidad física y emocional, además se presentan problemas de ansiedad, depresión e incluso suicidio [1].

En el ámbito académico el estrés corresponde a la activación emocional y fisiológica de una persona ante eventos académicos, lo que ocasiona un malestar general que suele manifestarse a través de diversos síntomas físicos, cognitivos, emocionales y sociales, que se presentan en las distintas etapas de la vida académica y afectan relativamente el aprendizaje y bienestar de los estudiantes, por lo tanto es de gran importancia detectar el estrés académico debido a que este genera un impacto negativo en la salud física y mental de los estudiantes, lo que a su vez afecta el rendimiento académico y su bienestar en general. Además, comprender los factores que contribuyen al estrés académico ayudan a desarrollar estrategias para prevenirlo y manejarlo de manera más efectiva, lo que ayuda a mejorar la experiencia educativa de los estudiantes.

Es importante analizar el problema que se presenta y tener en cuenta los múltiples roles que un estudiante universitario desempeña, porque está expuesto a diversos factores estresantes que afectan su estabilidad y rendimiento, por lo cual es indispensable evaluar y analizar las

condiciones que presenta. Por lo tanto, en el presente trabajo de tesis se propone el desarrollo de un módulo para la identificación de nivel del estrés académico en estudiantes universitarios mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial y dispositivos vestibles.

Este trabajo se dividió en cinco capítulos: el primer capítulo presenta el marco teórico, planteamiento del problema, objetivos generales, objetivos específicos, y la justificación; el capítulo dos expone el estado de la práctica y el análisis comparativo de los trabajos estrechamente relacionados a este trabajo de tesis; el capítulo tres describe la aplicación de la metodología, la cual se centra en tres fases principales, planteamiento, diseño y desarrollo; el capítulo cuatro muestra los resultados que se obtuvieron mediante casos de estudio que se aplicaron en el ámbito académico y finalmente, en el capítulo cinco se presentan las conclusiones, recomendaciones y seguido las referencias.

Capítulo 1. Antecedentes

En este capítulo se presentan diferentes conceptos que resultan relevantes para este trabajo de tesis, también se describe la problemática que se detectó, el objetivo general, los objetivos específicos y la justificación, con el fin de guiar la comprensión y el análisis del tema que se aborda.

1.1 Marco Teórico

A continuación, se describe la base teórica que se utiliza para contextualizar la investigación.

1.1.1 Enfermedad Mental

Según estudios de la Organización Mundial de la Salud cerca del 25% de la población mundial presenta problemas de salud mental que dificultan formidablemente su vida. Un concepto que define adecuadamente a la salud mental es el estado de bienestar cuando una persona está consciente de sus capacidades, y enfrenta diversas tensiones de la vida cotidiana, trabaja fructíferamente y además es apto para realizar contribuciones a su entorno [2].

Una enfermedad mental involucra emociones, experiencias y trastornos del pensamiento, lo suficientemente graves para causar un deterioro funcional en las capacidades de una persona, lo que trae consecuencias como dificultad al mantener relaciones interpersonales, controlar un comportamiento autodestructivo o incluso el suicidio, debido a que es un desequilibrio emocional, cognitivo y del comportamiento que afecta la emoción, conciencia, conducta y demás procesos psicológicos, lo cual complica la adaptación de un individuo a la sociedad y crea alguna forma de malestar relativo. El dilema de la salud mental muy pocas veces se asocia a modelos tipo causa-efecto, debido a que sus causas son diversas, y en algunos casos son desconocidas [3].

La psiquiatría actualmente aporta un enfoque científico, con el fin de buscar experiencias traumáticas o vulnerabilidades genéticas, que establecen el desarrollo peculiar de diferentes enfermedades que logran una comprensión de los cambios que provocan estas enfermedades en el cerebro y en el sistema nervioso, e investiga qué tratamiento es eficaz para aliviar los síntomas y consumir la enfermedad [4].

Es importante entender que los problemas de salud mental son una condición más, y no un componente que suprime el resto de las capacidades, de la misma forma, estos problemas se tratan con el fin de alcanzar la recuperación y tener una mejor calidad de vida.

1.1.1.1 Estrés

Biológicamente el estrés se considera un proceso en el que intervienen los sistemas nervioso autónomo, endocrino e inmunológico y generan como consecuencia un estado general de sobreactivación en varios niveles, por su parte el sistema nervioso desempeña el papel central. Esta sobreactivación producto del estrés, impulsa al organismo a manifestar la de energía necesaria para enfrentar situaciones peligrosas a través de diferentes respuestas fisiológicas.

La psicología estudia los sucesos básicos estresantes, es decir, los que comúnmente se aceptan como patrones de cambios significativos y suponen algún grado de adaptación a nuevas circunstancias en la vida de una persona, pero el estrés, no lo provocan únicamente situaciones negativas, también lo producen circunstancias positivas. Los psiquiatras Thomas Holmes y Richard Rahe desarrollaron un modelo mediante una escala para evaluar la relación existente entre acontecimientos que afectan a una persona adulta con la aparición de síntomas y enfermedades [5].

En general, el estrés se considera una respuesta natural del cuerpo proveniente del cerebro que permite hacer frente a los desafíos y actuar rápidamente, cierto nivel de estrés también ayuda a alcanzar metas y a tener mejor rendimiento. Aunque el estrés no afecta todos de la misma manera, si ocasiona una gran variedad de enfermedades y afecta a casi cualquier parte del cuerpo. Según la APA (*American Psychological Association*, Asociación Americana de Psicología), el estrés tiene dos tipos:

Estrés agudo. Es estrés que se manifiesta en un lapso de tiempo corto, desaparece rápidamente puesto que los acontecimientos ocurren por estresores cotidianos, o bien a las actividades nuevas y emocionantes que realiza una persona. Todas las personas padecen de estrés agudo en algún momento de su vida, sin embargo, se logra controlar al estresor de manera óptima para ayudar a la mente y cuerpo a sentir bienestar y equilibrio al controlar las situaciones peligrosas.

Estrés crónico. Es estrés que dura por un lapso de tiempo prolongado, es decir, cuando se manifiesta por semanas o meses. Este tipo de estrés ocasiona que el organismo permanezca en un estado de “alerta máxima”, que produce alteraciones en sentido físico, emocional y mental, lo que incide a adoptar hábitos poco saludables, o incluso llegar a deprimirse, sentir agotamiento extremo o pensar en el suicidio.

Es importante considerar que un acontecimiento agudo cuando es muy intenso y repetitivo es esencialmente más dañino, debido a que consiste en una sobreactivación que es frecuente, lo cual perjudica al organismo, y si no se encuentra manera de tener control, causa consecuencias graves de salud [6].

1.1.1.2 Estrés Académico

Según la Organización Mundial de la Salud, el estrés académico corresponde a la activación emocional y fisiológica de una persona ante eventos académicos, lo que ocasiona un malestar general que suele manifestarse a través de diversos síntomas físicos, cognitivos, emocionales y sociales, que se presentan en las distintas etapas de la vida académica y afectan relativamente el aprendizaje y bienestar de los estudiantes.

Evidentemente cada estudiante padece estrés de manera diferente, sin embargo, los síntomas más comunes que se presentan son agotamiento físico, dolor de cabeza, vómito, desorden alimenticio, negatividad, insomnio, nerviosismo, ansiedad, dificultad para la resolución de problemas, frustración y demás conductas diversas, las cuales son provocadas por algún estresor académico, es decir un estímulo o situación que ocasiona dicho malestar en los estudiantes, algunos de los estresores más frecuentes son la evaluación de los profesores, la sobrecarga de tareas y trabajos escolares, el tiempo limitado para hacer el trabajo, además de la personalidad y el carácter del profesor los cuales influyen considerablemente en el padecimiento de estrés [7].

1.2.1 Inteligencia Artificial

Los trabajos de investigación que se consideran el principio de la IA (*Artificial Intelligence*, Inteligencia Artificial) surgieron en la década de los 40, sin embargo, hasta 1950 se asimiló el concepto y esos trabajos obtuvieron una repercusión, gracias al artículo

“*Computing Machinery and Intelligence*”, escrito por Alan Turing, un matemático británico que se considera el padre de la IA, debido a las valiosas aportaciones que realizó [8].

En [9] la definición de IA se resume en la frase “Sistemas que actúan como humanos”, además Turing exploró la probabilidad lógica-matemática de la inteligencia artificial y discutió cómo construir máquinas inteligentes y cómo probar su inteligencia, asimismo, profundizó la posibilidad de imitar el comportamiento humano a través de una máquina, es decir, simular el razonamiento necesario para aprender y tomar decisiones de la misma manera que lo hace una persona a partir de nueva información, también propuso el conocido Test de Turing, el cual demuestra si una determinada máquina es inteligente o no.

Aunque a lo largo de la historia, científicos e investigadores presentan diversas definiciones, la IA en su forma más simple es una rama de la computación que busca simular la inteligencia humana y funciones cognitivas como el aprendizaje, la solución de problemas y el razonamiento en una máquina inteligente que realiza predicciones con base en patrones de datos y tiene la capacidad de aprender de los errores para conseguir mayor precisión. La IA es un campo de estudio indefinidamente amplio que incluye subcampos principales como el aprendizaje automático y aprendizaje profundo los cuales a su vez incluyen diferentes estudios, métodos y tecnologías, además también existen tres clasificaciones de Inteligencia Artificial, los cuales se exponen a continuación:

1.2.1.1 Inteligencia artificial estrecha

La ANI (*Artificial Narrow Intelligence*, Inteligencia Artificial Estrecha) también conocida Inteligencia Artificial Débil se refiere a la capacidad que tiene un sistema para realizar una labor en específico con mayor precisión que un individuo, algunos ejemplos son los vehículos autónomos y los asistentes virtuales, este tipo de IA es el nivel más alto que actualmente se alcanza en el ámbito de desarrollo de software, y aunque parezca que se realizan acciones por voluntad propia, realmente coordina procesos y toma decisiones dentro de un modelo predeterminado, pues el pensamiento de la inteligencia artificial no incluye consciencia ni emoción [10].

1.2.1.2 Inteligencia artificial general

La AGI (*Artificial General Intelligence*, Inteligencia General Artificial) se considera Inteligencia Artificial Fuerte, y se refiere a la capacidad de un sistema informático para superar a las personas en cualquier tarea, es decir, un sistema que consigue AGI tiene la capacidad de resolver problemas complejos, emitir juicios e integrar conocimientos previos al razonamiento, también tiene creatividad e imaginación y realiza muchas más tareas más, sin embargo este tipo de IA solo se ve en películas donde los robots tienen pensamientos conscientes y actúan por razón propia [10].

1.2.1.3 Superinteligencia artificial

La ASI (*Artificial Super Intelligence*, Superinteligencia Artificial) se refiere a la superación de inteligencia y capacidad cerebral por parte de un sistema a las personas, incluidos el conocimiento, la creatividad y las habilidades sociales. Por ahora la ASI y la AGI son parte de investigaciones teóricas donde se explora profundamente su desarrollo para obtener resultados significativos, mientras tanto las ciencias de la computación mantienen su enfoque en desarrollos como computadoras modernas y demás máquinas inteligentes directamente relacionados con esta disciplina [10].

1.3.1 Aprendizaje Máquina

El aprendizaje automático (en inglés *Machine Learning*) se considera un subcampo de las ciencias de la computación y una disciplina de la Inteligencia Artificial, que se centra en imitar la forma de aprender de los humanos mediante el estudio científico de algoritmos y modelos estadísticos que permite a las máquinas ser capaces de identificar patrones en datos masivos, elaborar análisis para predecir o clasificar información y ejecutar tareas específicas de forma autónoma. Posteriormente estos conocimientos impulsan la toma de decisiones en las organizaciones y a su vez generan métricas de crecimiento gracias a la amplia variedad de aplicaciones como son: motores de búsqueda, detección de fraude, análisis de riesgo, clasificación de secuencias, reconocimiento de elementos biométricos, entre otros.

El aprendizaje máquina establece métodos diferentes según el volumen de los datos y el enfoque que se requiera para mejorar la precisión en la toma de decisiones, por lo tanto, existen tres categorías:

- Aprendizaje supervisado
- Aprendizaje no supervisado
- Aprendizaje por refuerzo

El aprendizaje supervisado se define por el uso de conjuntos de datos etiquetados para entrenar algoritmos, estos algoritmos cuentan con un aprendizaje previo que les permiten clasificar datos o predecir resultados con mayor precisión. El funcionamiento del aprendizaje supervisado se centra en tener un conjunto de datos de entrenamiento para producir el resultado deseado, es decir, en el conjunto de datos de entrenamiento se incluyen entradas y salidas correctas, para que el algoritmo aprenda, finalmente el modelo utilizado mide su precisión mediante la función de pérdida y se ajusta hasta que el error se minimiza lo suficiente. Algunos métodos utilizados en el aprendizaje supervisado incluyen redes neuronales, regresión lineal, regresión logística, bosque aleatorio, entre otros.

Por otra parte, el aprendizaje no supervisado se centra en encontrar patrones ocultos que permiten organizar datos de cierta manera, ya que no existe conocimiento previo, este tipo de aprendizaje se utiliza cuando el problema requiere una cantidad de datos, el funcionamiento del aprendizaje no supervisado se realiza mediante un proceso iterativo, que analiza los datos de entrada y estima un resultado, principalmente a través de una selección de grupos. Finalmente, el aprendizaje por refuerzo, es un modelo de aprendizaje conductual que tiene como objetivo que los algoritmos aprendan a partir de la propia experiencia, es decir, pretende tener la capacidad de tomar decisiones ante diversas situaciones, mediante un procedimiento de prueba y error, mientras que el algoritmo recibe la retroalimentación del análisis, para así conducir al usuario hacia el resultado más óptimo [11].

1.4.1 Internet de las Cosas

IoT (*Internet of Things*, Internet de las cosas) [12], se define como la red de objetos físicos con capacidad intercambiar datos con diversos dispositivos y sistemas mediante Internet, debido a que los integran sensores, software y otras tecnologías.

El objetivo principal es compartir y recopilar datos con una mínima intervención humana, pero no solo se trata de recopilar datos, sino también de usarlos, por lo tanto, una vez

que los dispositivos reúnen y envían los datos, es necesario analizarlos. A continuación, en la Figura 1.1 se muestran las cuatro etapas fundamentales para este proceso de intercambio de información:

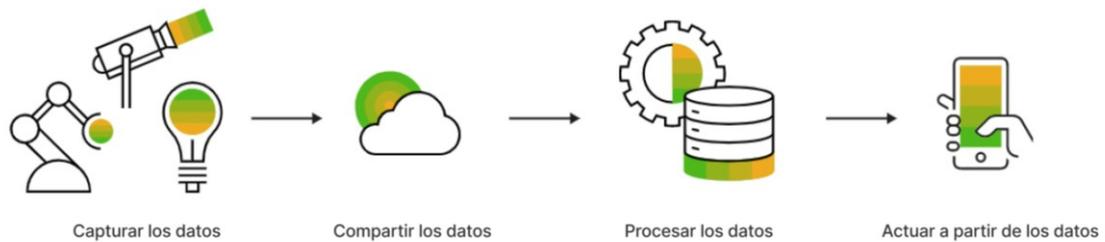


Figura 1.1 Proceso para el intercambio de información IoT.

1. **Capturar los datos.** Se realiza mediante los dispositivos de IoT y los sensores que integran.
2. **Compartir los datos.** Los dispositivos de IoT permite que se acceda a los datos por medio de una conexión de red.
3. **Procesar los datos.** Se analizan los datos pertenecientes a los dispositivos de una red de IoT.
4. **Actuar a partir de los datos.** Se programan acciones con base en esos datos y brindar información fundamental en las decisiones.

En resumen, IoT permite resolver problemas al utilizar datos propios, este conocimiento se utiliza para convertir esos datos en información y posteriormente convertir esa información en acción, además permite crear diferentes tipos de redes, lo que ayuda a controlar áreas como transporte, educación, medio ambiente, salud, entre otras, para mejorar la calidad de vida por medio de Internet. Por ello se dice, que IoT es una de las tecnologías más populares actualmente, y se refiere a la conexión de algún dispositivo a Internet para trasladar datos que se obtienen del mundo físico al mundo virtual [13].

1.4.1.1 Dispositivos vestibles

Las tecnologías vestibles, conocidas como *wearables*, son dispositivos electrónicos que se usan físicamente para rastrear, analizar y transmitir datos importantes a una base de datos. Estos dispositivos inteligentes rastrean datos biométricos como la frecuencia respiratoria, presión arterial e incluso patrones de sueño. Estos dispositivos comprenden una amplia gama de aplicaciones que tienen como característica esencial el procesamiento móvil de la información en tiempo real.

Estos dispositivos crean, analizan y reportan información sobre signos vitales y tienen la capacidad de enviar y recibir estos datos a través de Internet. Se usan en una variedad de alternativas para mejorar la atención médica y el bienestar en todo el mundo: ayudan a monitorizar los síntomas y diagnosticar enfermedades, lo que permite una prevención, mantenimiento de la salud y tratamiento de enfermedades más efectivos. Los dispositivos vestibles incluyen diferentes sensores que brindan una gran cantidad de información sobre los signos vitales, temperatura corporal, saturación de oxígeno, y demás; también proporcionan datos sobre actividades y factores ambientales como temperatura, humedad, altitud y otros, que se utilizan en diversas áreas y propósitos, principalmente en la salud y educación [14].

1.5.1 Biomarcador

Un biomarcador se considera una característica medible que provee una interacción como respuesta funcional o fisiológica, que ocurre en una persona y se asocia con el desarrollo de enfermedades, aunque son un método no invasivo que permite analizar el estado de ciertas enfermedades dependen de la modalidad de análisis para utilizar métodos invasivos que complementen la medición de la interacción, además, se tienen que considerar características biológicas o circunstancias a las que los individuos se enfrentan. Para utilizar un biomarcador en estudios de la salud humana, es importante su validación, es decir, el proceso de selección y aprobación tiene que considerar la fiabilidad, garantía de calidad, la interpretación de los datos de medición, sensibilidad como medida de riesgo, por mencionar algunos de los factores importantes [15].

1.5.1.1 Biomarcadores más relevantes para identificar estrés.

➤ Ritmo cardiaco

En [16] se define ritmo cardiaco a la sucesión en el tiempo de los latidos del corazón, y se regula según el Sistema Nervioso Autónomo, es necesario aclarar que existe un amplio rango de normalidad, pero depende de diversos factores como la edad, posiciones corporales, emociones, condición física, padecimiento de enfermedades crónicas y muchas otras, un ritmo cardiaco inusual ya sea alto o bajo, indica problemas subyacentes en la salud de las personas.

➤ Presión arterial

Es la fuerza que la sangre ejerce sobre las paredes arteriales, es decir, el cuerpo produce una oleada de hormonas que aumentan temporalmente, lo que provoca que el corazón lata más rápido y que los vasos sanguíneos se estrechen. Al igual que el ritmo cardiaco el hecho de padecer presión arterial alta o baja, depende de factores como la edad, genero, historial genético, sin embargo, estos factores no se modifican, solo se realizan pequeños cambios al estilo de vida, como mantener una alimentación saludable, reducir el consumo de ciertos alimentos, hacer ejercicio, entre otros, que favorecen a tener una presión arterial en un nivel seguro [17].

➤ Respiración

La respiración[18] consiste en la expulsión de gases proveniente de los pulmones, y se conforma de dos fases, la primera fase es inspiración y la segunda es espiración, lo que en conjunto se conoce como ciclos respiratorios si se agregan las pausas post inspiratorias y espiratorias, es un proceso vital para los seres humanos, por lo tanto, la excesiva respiración produce bajos niveles de dióxido de carbono en la sangre y esta disminución provoca grandes consecuencias en el estado de salud.

➤ Respuesta galvánica de la piel

La respuesta galvánica [19], también se conoce como actividad electrodérmica o conductancia de la piel, y es la medida de las variaciones en las características eléctricas de la piel, por ejemplo, la variación de la sudoración del cuerpo, para con ello medir los indicadores emocionales como activación, impacto y valencia emocional en una persona, es decir, se

relaciona estrictamente el Sistema Nervioso Simpático y la regulación del comportamiento emocional.

➤ **Temperatura**

Se refiere a la medida de la capacidad del cuerpo humano al generar y eliminar calor, el cuerpo es muy eficiente para mantener su temperatura dentro de límites seguros, sin embargo, ésta varía según la edad, actividades o simplemente durante el transcurso del día [20].

➤ **Ondas cerebrales**

Cuando las neuronas se comunican generan pequeños impulsos eléctricos, y estos se denominan ondas cerebrales y son el reflejo de la actividad del Sistema Nervioso Central, las ondas cerebrales tienen diversos tipos de frecuencia ya sean lentas o rápidas es la activación que se efectúa al depender de diversos factores como actividades que se realizan, situaciones, estado de salud, entre otras [21]. Por ello, cuando se sufre algún significativo desequilibrio en el Sistema Nervioso Central se observa un procedimiento de activación o alteración en la actividad de las ondas cerebrales.

➤ **Cortisol**

Se considera la hormona de mayor relación con el estrés a nivel endocrino, el cortisol o hidrocortisona es una hormona esteroidea que se produce por las glándulas suprarrenales y que se libera para modificar el entorno interno durante los momentos de estrés de una persona, los niveles altos de cortisol continuamente provocan problemas de salud en el Sistema Inmunológico debido a que alteran el metabolismo y generan posibilidad de padecer enfermedades crónicas [22].

1.6.1 Electroencefalograma (EEG)

El cerebro es un órgano complejo y las neuronas que lo conforman producen una actividad eléctrica que mantiene relación con los pensamientos, emociones y acciones que realiza una persona, dicha actividad se analiza a través de un electroencefalograma.

El EEG (*electroencephalogram*, electroencefalograma), es un método esencial no invasivo para investigar patologías del sistema nervioso central a través alteraciones del estado mental,

además se encarga de registrar la actividad del cerebro para detectar las corrientes eléctricas mediante electrodos especiales que se forman en las neuronas cerebrales las cuales son la base del funcionamiento del sistema nervioso [23]. Los electrodos de registro del EEG se colocan sobre el cuero cabelludo para medir potenciales eléctricos que las neuronas de la corteza cerebral producen, es decir, se mide la actividad del cerebro o también llamada actividad oscilatoria neuronal. La actividad oscilatoria neuronal se trata de la frecuencia de generación de impulsos eléctricos, lo que se conoce como ondas cerebrales.

1.6.1.1 Tipos de ondas cerebrales.

Las ondas cerebrales [24], son un reflejo de la actividad del sistema nervioso central, cuando este sufre algún desequilibrio se observa un procedimiento de activación o alteración en la actividad de las ondas cerebrales, estos procedimientos facilitan la captura de descargas anormales que son útiles para clasificar las áreas del cerebro involucradas, gracias al EEG se diagnostican alteraciones de la actividad eléctrica cerebral de pacientes con estado mental alterado o alteración de la conciencia, parasomnias, demencias, accidentes cerebrovasculares entre otros. Existen distintos tipos de oscilaciones neuronales que se observan en las señales de EEG y se miden por rango de frecuencias.

➤ **Ondas Delta**

Se manifiestan durante la fase de sueño profundo, es decir cuando el cerebro se entra en estado de descanso, las ondas Delta tienen mayor amplitud, por lo tanto, su frecuencia es muy baja, entre 1 y 4 Hz.

➤ **Ondas Theta**

Las ondas theta son ondas que presentan mayor amplitud y menor frecuencia, entre 4 y 8 Hz, se alcanzan en estados de calma y relajación, también con la etapa de sueño REM, es decir, cuando una persona presenta sueños.

➤ **Ondas Alpha**

Se representan en un estado de escasa actividad cerebral y relajación, comúnmente cuando una persona termina una tarea y descansa, son propias del estado de calma profunda y su frecuencia oscila entre 8 y 14 Hz.

➤ **Ondas Beta**

Se manifiestan cuando el cerebro se enfoca en actividades mentales, es decir cuando una persona ordena una tarea al cerebro, son las ondas de mayor velocidad, su frecuencia oscila entre los 14 y 35 Hz, y expresan una actividad mental intensa.

➤ **Ondas Gamma**

Estas ondas cerebrales tienen mayor frecuencia y menor amplitud, surgen en estados de vigilia y su presencia se relaciona a la aparición de la consciencia, con la ampliación del foco atencional y al gestionar la memoria, su frecuencia oscila entre los 25 y 100 Hz.

Existen otros tipos de ondas cerebrales, sin embargo, esos tipos implican tener estados de conciencia más raros e inusuales, por lo cual existe poca información sobre estas ondas. Las ondas cerebrales Epsilon, Lambda e HyperGamma se relacionan a estados de animación suspendida donde los latidos del corazón, la respiración o el pulso dejan de ser perceptibles [25].

1.7.1 Respuestas fisiológicas ante el estrés

La actividad física forma parte del componente fisiológico de las emociones y tiene influencia en el rendimiento, por otra parte, para que el cerebro logre el rendimiento adecuado es indispensable que se ejercite, debido a que es el órgano que tiene la capacidad de controlar todo el funcionamiento del cuerpo humano y permite que gane experiencia al generar diferentes impulsos según las situaciones que se presenten, el cerebro es el responsable de las emociones, el aprendizaje y la memoria. Asimismo, mantiene una estrecha relación con el componente fisiológico de las emociones, el cual tiene con objetivo desarrollar cambios en el sistema nervioso para expresar respuestas ante situaciones distintas que se presentan con los estados de ánimo cambiantes, transmisión de mensajes o diversas señales físicas, según el subsistema fisiológico que se active [26].

1.2 Situación tecnológica, económica y operativa de la empresa

El Instituto Tecnológico de Orizaba es una institución pública que depende de la Secretaría de Educación Pública SEP y pertenece al Tecnológico Nacional de México. Se encuentra ubicado en Oriente 9, Colonia Emiliano Zapata, en la ciudad de Orizaba, Veracruz.

Esta institución ofrece carreras de licenciatura, maestría y doctorado. En el área de maestrías ofrece las carreras de Maestría en Ingeniería Electrónica, Maestría en Ingeniería Industrial, Maestría en Ciencias en Ingeniería Química, Maestría en Ingeniería Administrativa y la Maestría en Sistemas Computacionales. Asimismo, ofrece un Doctorado en Ciencias de la Ingeniería.

1.3 Planteamiento del Problema

El estrés es una alteración mental que al no manejarse adecuadamente influye negativamente en la productividad social, laboral y académica de las personas, inclusive las manifestaciones del estrés también afectan la salud física a través de enfermedades que en caso de no atender a tiempo ocasionan la muerte. En el ámbito académico, según estudios de la UNAM alrededor del 60% de los estudiantes universitarios en México sufren de estrés, el cual se refleja en el desempeño, comportamiento y estado general de salud de los estudiantes [27].

El estrés académico se presenta como una presión significativa que de acuerdo a la valoración de cada estudiante estimula una situación estresante, y genera una serie de síntomas que indican que efectivamente existe un desequilibrio, algunos de los síntomas más comunes son temblor de pies, náuseas, espasmos nerviosos, vómito, sudoración, inquietud, bloqueo afectivo, alteraciones de lenguaje, entre otros. Esta inestabilidad presiona a los estudiantes a una adaptación para recuperar el equilibrio, sin embargo, cuando no es posible controlar la situación estresante el organismo se deteriora y provoca problemas graves de salud. Se estima que el estrés académico se presenta con mayor frecuencia cuando se trabaja y estudia debido a que cumplir y rendir satisfactoriamente en ambos roles ocasiona exigencias que muchos de los estudiantes no son capaces de manejar adecuadamente sumándole a esto situaciones interpersonales que se presentan en el entorno [28].

Debido al gran impacto que genera el estrés académico en la sociedad, se detecta la necesidad de contribuir con una herramienta que permita detectar y monitorizar el nivel de estrés que presentan los estudiantes universitarios y con ello encontrar estrategias que favorezcan la calidad de vida y disminuyan el impacto negativo que dificulta el desarrollo del proyecto de vida de los estudiantes.

1.4 Objetivo General y Objetivos Específicos

1.4.1. Objetivo general

Desarrollar un módulo para la identificación de nivel de estrés académico mediante el uso de técnicas de Inteligencia Artificial y dispositivos vestibles.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar el estado de la práctica en los diferentes contextos de la identificación de estrés mediante el uso técnicas de Inteligencia Artificial.
- Analizar los recursos tecnológicos más óptimos para el desarrollo del módulo de una manera eficiente.
- Identificar los biomarcadores relacionados con la detección de estrés mediante el uso de *wearables* y determinar las correlaciones convenientes entre los datos.
- Determinar las escalas convenientes para la clasificación del nivel de estrés académico.
- Diseñar una arquitectura que dirija el proceso adecuadamente para el análisis de niveles de estrés mediante el uso *wearables* y técnicas de Inteligencia Artificial.
- Entrenar el modelo de aprendizaje máquina para la clasificación del nivel de estrés de manera correcta.
- Desarrollar el módulo de software que permita el control y monitorización de nivel de estrés en estudiantes universitarios.
- Evaluar al menos un caso de estudio en el dominio académico específicamente para la identificación de nivel de estrés.

1.5 Justificación

El estrés es una sensación de estar bajo una presión anormal que proviene de diferentes aspectos, detectar el estrés a tiempo ayuda a tomar nuevas medidas preventivas y correctivas para que no afecte la salud física y mental de los estudiantes, por ello, se considera de suma importancia, mantener un nivel de concentración que permita a los estudiantes sostener un equilibrio adecuado para cumplir satisfactoriamente con su desempeño académico, además

detectar el nivel de estrés y sobre todo los factores estresantes a tiempo permite que los estudiantes se adapten a las exigencias por medio de conductas energéticas y el aumento de la eficacia para superar ciertas crisis, lo que con el tiempo favorece al incremento del rendimiento académico, el cumplimiento de metas e incluso el aumento de autoestima en los estudiantes.

De igual manera, los avances tecnológicos al adoptar continuamente la integración de tecnologías de la información en el sector salud, traen muchos beneficios principalmente al abordar un tema crucial en la salud mental y, por otro lado, en el ámbito académico, al permitir la flexibilidad para integrar una herramienta tecnológica en el cuidado de la salud mental de los estudiantes, debido a que el estrés provoca frustración y estancamiento debido al ritmo acelerado y la sobrecarga de sucesos.

El presente trabajo de tesis es de suma importancia para la población de estudio, ya que se dirige a determinar los biomarcadores adecuados para identificar los niveles estrés que se presentan en los estudiantes de nivel superior, mediante el uso de algoritmos de clasificación de aprendizaje automático y dispositivos vestibles, con el fin de desarrollar un módulo que permita monitorizar los resultados, para atender de manera adecuada cada uno de los casos según corresponda.

Capítulo 2. Estado de la práctica

Durante los últimos años, algunos investigadores abordaron el tema del estrés como un conflicto principal en el desarrollo de otras enfermedades, se enfocaron en analizar variables fisiológicas, reacciones y métodos que mantienen una relación o son consecuencia de este padecimiento. A continuación, se presenta el resumen de los trabajos de investigación más importantes que tienen relación directa o indirecta con este trabajo de tesis.

2.1 Trabajos relacionados

La importancia de los trabajos relacionados en esta investigación radicó en que cumplan diversas funciones fundamentales. Estos trabajos aportaron contexto y fundamentación teórica, lo que evitó repeticiones innecesarias, y permitió construir o mejorar la solución sobre el conocimiento existente.

2.1.1 Monitoreo de estrés.

En [29] mencionaron que de acuerdo la Asociación Estadounidense de Psicología (APA), los adolescentes estadounidenses experimentaron niveles de estrés incluso más altos que los reportados por los adultos durante los años escolares, se encontró en una encuesta que el 34% de los adolescentes predijeron que su estrés aumentó; debido a ello, en este estudio se propuso un marco de monitoreo de estrés de los estudiantes basado en IoT que se asistió por nubes de niebla de 5 capas. La capa de niebla se incorporó para clasificar el evento de estrés basado como normal o anormal mediante el clasificador Bayesian Belief Network (*BBN*) en conjunto con el modelo Temporal Dynamic Bayesian Network (*TDBN*) de dos etapas se utilizó para derivar el índice de estrés de manera eficaz. Para calcular los parámetros de estrés en los estudiantes, se formularon tres conjuntos de datos diferentes, conjunto de datos visuales, conjunto de datos fisiológicos y conjunto de datos de comportamiento, los resultados basados en el coeficiente de correlación mostraron que la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la conductancia de la piel, el movimiento de la cabeza y el parpadeo de los ojos o el promedio al cerrar los ojos son los parámetros principales para determinar la gravedad del estrés, además se detectó que, los parámetros de comportamiento mostraron correlación negativa en muchos casos con el estrés.

Los autores en [30] describieron el estrés como una reacción natural a varios factores, que provocan cambios fisiológicos y de comportamiento, mencionaron también que, si persiste durante un período más prolongado, el estrés provoca efectos nocivos en el organismo. Los sensores corporales junto con el concepto de Internet de las Cosas proporcionan información valiosa sobre la salud física y mental. Es por ello, que se concentraron en proponer un sistema de IoT que detectó de manera eficiente el nivel de estrés de una persona y proporcionó una retroalimentación que ayudó a lidiar con los factores estresantes. El sistema constó de un módulo de banda inteligente y un módulo de correa para el pecho que se colocó alrededor de la muñeca y el pecho respectivamente, desde el sistema se monitorearon los parámetros como la actividad electrodérmica y la frecuencia cardíaca en tiempo real, el cálculo de los datos se realizó mediante la aplicación MATLAB y se mostró el informe de estrés para tomar medidas como consultar a un médico, realizar algunos ejercicios de meditación o yoga para hacer frente a la afección. Los autores aseguraron que el sistema IoT resultó ser un buen asistente de salud, para monitorear constantemente y proporcionar retroalimentación sobre los niveles de estrés.

En [31] se desarrolló un sistema de IoT para el manejo del estrés de los estudiantes, debido a que estudios demostraron que las fuentes de estrés más pronunciadas se encontraron en el dominio del autoconocimiento y la vida escolar de los seres humanos, el estrés se reconoció como uno de los principales problemas de la asistencia sanitaria que tiene un gran impacto en la salud, pues activa el sistema nervioso simpático, y su activación provoca diferentes reacciones en el cuerpo humano, como la producción de sudor, aumento de la frecuencia cardíaca y tensión muscular, aunque juega un papel positivo en el rendimiento, demasiado estrés conlleva efectos negativos. El sistema propuesto se compuso por dos elementos: uno que permitió la medición de parámetros vitales para identificar el estrés en los estudiantes y el otro para su control. El sistema de control consistió en una aplicación de salud móvil con contenido de relajación para minimizar la emoción y tener un impacto en la reducción del estrés futuro. El sistema para la gestión se evaluó en un entorno real, durante la defensa de la tesis de los estudiantes. Los resultados mostraron que el tiempo dedicado al uso de la aplicación de salud con contenido relajante redujo la excitación fisiológica y la emoción de los estudiantes durante la defensa de la tesis.

En [32] el estrés se ordenó predominantemente en dos clasificaciones: estrés agudo y estrés crónico. El primero consistió en la reacción del cuerpo a un factor estresante durante un período más corto y luego el cuerpo logró el equilibrio mientras que el segundo se relacionó por un período más prolongado y creó impactos inseguros en el cuerpo. El estrés tuvo una función esencial en prácticamente todas las infecciones que incluyeron diabetes, hipertensión, dolor de cabeza, dolores cerebrales, enfermedades cardiovasculares, problemas de bienestar emocional, cirrosis hepática, crecimiento maligno, entre otras. En esta investigación se analizó la calidad de vida de los deportistas para detectar el estrés prevenir y controlar las enfermedades, se propuso un marco de detección en tiempo real para analizar el nivel de estrés de un deportista en particular. El marco propuesto consistió en una técnica de clasificación híbrida denominada Regresión de múltiples salidas con Redes neuronales convolucionales profundas para analizar e identificar varios niveles de estrés y su relación con los datos existentes. Además, la determinación del tiempo de 5 minutos de cada deportista se distinguió en función de sus niveles de estrés psicológico y físico. Los resultados de la simulación mostraron que el desempeño del marco propuesto obtiene un alto nivel de precisión al compararlo con otros modelos.

Los autores en [33] definieron el estrés como una condición psicológica, conductual compleja cuando las demandas de la persona están desequilibradas, y responde a una variedad de factores, lo que resulta en cambios fisiológicos y de comportamiento. Según el Instituto Estadounidense del Estrés descubrió que el 80% de los trabajadores experimentan estrés en su trabajo diario y necesitan apoyo para manejarlo, otros muestran registros de casos de suicidio entre estudiantes de 15 a 29 años debido al estrés. En esta investigación se identificó el estrés en etapas tempranas en función de cinco condiciones a través de datos que se obtuvieron mediante sensores IoT. Para obtener el patrón de la detección de estrés, se recolectaron datos de sensores como el Sensor Galvánico de Respuesta de la Piel y el Electrocardiograma. Luego, el conjunto de datos se categorizó con diferentes algoritmos de clasificación como Árbol de Decisión, Máquina de Soporte Vectorial y algoritmos de aprendizaje profundo. La exactitud, la precisión, la recuperación y la medida F se utilizaron para evaluar el rendimiento de los datos. Finalmente, el árbol de decisión tuvo el mejor desempeño entre todos los clasificadores de aprendizaje automático.

Los autores en [34] mencionaron que la atención de los estudiantes es una parte esencial de la evaluación educativa, y que a medida que se desarrollan nuevos estilos de aprendizaje, también se necesitan nuevas herramientas y métodos de evaluación, los sistemas modernos de gestión del aprendizaje integran herramientas desarrolladas para tener en cuenta los comportamientos de aprendizaje de los estudiantes al evaluar las estrategias de aprendizaje electrónico, estos marcos de aprendizaje se basan en Internet y se utilizan en cursos en línea o situaciones de aprendizaje intuitivo. En esta investigación se desarrolló un marco de interacción basado en IoT y un análisis de la experiencia del estudiante en el aprendizaje electrónico (eLearning). Los comportamientos de aprendizaje en videoconferencias remotas se evaluaron al registrar su comportamiento y analizar los datos multimedia resultantes mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático, se estableció un algoritmo de puntuación de atención, su flujo de trabajo y la formulación matemática para la evaluación inteligente de la experiencia de aprendizaje del estudiante, la información extraída se guardó en un conjunto de datos para analizarla posteriormente y ayudar a los instructores a realizar un seguimiento y mejorar el progreso de los estudiantes para distinguir sus fortalezas, deficiencias y establecer objetivos de aprendizaje.

En [35] se expuso el estrés crónico como uno de los factores que contribuyen al desarrollo de la obesidad, debido a que libera una hormona llamada cortisol que aumenta el apetito de una persona. Además, cuando una persona está estresada, el microbiota intestinal en el estómago secreta hormonas que aumentan los antojos de alimentos ricos en azúcar y cuando no se controlan, estos antojos tienden a provocar un aumento de peso. Debido a hábitos alimenticios poco saludables, cuya base es el estrés crónico u otros factores como un estilo de vida ocupado, consumo de comida rápida rica en calorías, se desarrolló Stress-Log: Un Sistema Inteligente que se centró en IoT para monitorear el estrés y ayudar a diferenciar entre la alimentación por estrés y la alimentación normal. Se presentaron oportunidades de mejora al utilizar aprendizaje automático, además de la mejora en la calidad de vida basada en la sociedad. El enfoque respondió a la necesidad de observar los comportamientos alimentarios y su impacto en la salud física y mental.

2.1.2 Identificación de parámetros de estrés.

En [36] los autores afirmaron que las personas se sienten cada vez más abrumadas y molestas por la dependencia de lo digital en diversos aspectos de su vida cotidiana, lo que conlleva a que el estrés sea la respuesta física, mental y emocional del cuerpo causada por factores externos como el lugar de trabajo, conflictos interpersonales, el entorno físico, las malas condiciones laborales, los traumas, entre otros y factores internos como la presencia de enfermedad, falta de sueño y sensación de depresión. En esta investigación se abordó el problema detectado para identificar situaciones que angustian a una persona propensa al estrés y demostrar que el nivel de estrés se detectó con base en métodos y técnicas relacionados con dispositivos de reconocimiento de estrés que consideraron la manifestación del comportamiento, señal fisiológica, rasgos físicos, manifestación emocional, expresión facial, reconocimiento de voz y otros; en la manifestación del comportamiento, el estrés se detectó mediante la extracción de funciones basada en video, por otro lado, los parámetros fisiológicos, también exploraron los desafíos y oportunidades clave en las técnicas de detección de estrés, a través de varios factores como ritmo cardíaco, temperatura, humedad, habla, presión sanguínea y que se controlaron mediante el método de reconocimiento de expresiones faciales y la técnica multimodal.

En [37] se expuso que el estrés prolongado es uno de los factores de riesgo que inducen pensamientos suicidas, ideación destructiva, abuso de alcohol y drogas en la edad adulta; según un registro de la Oficina Nacional de Registros Criminales en la India, más de 2,320 niños se suicidaron por año debido a fallas en los exámenes, este número elevado implica la gravedad de este problema y su gran impacto en la sociedad. Por ende, se llevó a cabo un análisis de estrés cognitivo en los estudiantes durante el período de exámenes con el uso de biomarcadores EEG. La señal de EEG se adquirió en dos condiciones de prueba diferentes: antes y después del examen de 14 personas con ocho electrodos ubicados, a través de un dispositivo inalámbrico Enobio (Neuro electricics) con un sistema de cables internacional, se consideraron las tres ondas cerebrales como theta, alfa, beta, las energías de banda relativa, y las proporciones de las bandas de EEG, como la frecuencia cardíaca, la actividad neural, el índice de excitación, el índice de vigilancia y el índice de recursos de atención de rendimiento cognitivo, extraídos entre las dos

condiciones mencionadas. En los resultados se encontró que la memoria y la concentración eran altas antes del examen en comparación con después del examen.

En [38] los autores mencionaron que los estudiantes no permanecen completamente concentrados durante la clase, la atención del estudiante comienza a disminuir aproximadamente 10 minutos después del comienzo, al final de la clase los estudiantes recuerdan el 70% de la información presentada, por lo tanto, el objetivo de este estudio se centró en identificar parámetros del entorno físico en un aula y evaluar su influencia en la concentración de los estudiantes. Los parámetros seleccionados se utilizaron más tarde para implementar un sistema de aula inteligente y determinar en tiempo real si el entorno del aula se optimizó para maximizar la capacidad de concentración. El aula inteligente se equipó con un conjunto de sensores capaces de monitorear los parámetros del entorno físico (CO₂, temperatura, humedad, ruido) y un auricular Bluetooth que se utilizó para capturar la voz del docente; el conjunto de datos recopilado se basó en 14 conferencias grabadas a las que asistieron 197 estudiantes, y se obtuvieron como resultado cinco atributos del entorno físico y una estrategia para reconocer el enfoque de los estudiantes; además se extrajeron 22 características de la voz del docente y se utilizó el algoritmo AdaBoostM1 para determinar si los estudiantes mantenían buenas concentración en una clase mediante el análisis de los valores de estos cinco atributos.

En [39] se mencionó que el estrés es uno de los principales factores que afecta a millones de vidas, puesto que debilita el sistema inmunológico y tiene fuertes correlaciones con las enfermedades del corazón, cáncer y enfermedades terminales, así como también reduce el rendimiento en todas las métricas de éxito. En esta investigación se propuso el desarrollo de un sistema para detectar el estrés con la frecuencia cardíaca como uno de los parámetros. Internet de las Cosas junto con Aprendizaje Automático se utilizaron para alarmar la situación cuando la persona está en riesgo. El Aprendizaje Automático se utilizó para predecir la condición del paciente e Internet de las Cosas se usó para comunicar al paciente sobre su condición de estrés agudo. El detector de estrés remoto fue un dispositivo vestible que detectó el nivel de estrés de una persona mediante la lectura de los latidos del corazón, enviándola a un servidor, donde posteriormente se realizó la clasificación con los valores que se obtuvieron.

Los autores en [40] buscaron dependencias entre las funciones fisiológicas y el conocimiento de los estudiantes para determinar que situaciones provocan estrés. Se demostró que el seguimiento ocular, la frecuencia cardíaca y la atención de los estudiantes afectan los resultados de aprendizaje; se evaluaron quince estudiantes a través de un cuestionario de conocimientos generales, durante la evaluación se midió: frecuencia cardíaca promedio durante la prueba, frecuencia cardíaca antes de la prueba y frecuencia cardíaca al inicio de la prueba, se evaluaron los datos que se obtuvieron con el fin de determinar si existe un grado de dependencia entre la concentración y la frecuencia cardíaca de los estudiantes. Se detectó que durante la prueba el nivel de estrés aumentó y, a su vez la frecuencia cardíaca. También revelaron la dependencia de la frecuencia cardíaca del estudiante antes de la evaluación, durante la prueba, y monitorearon ese cambio. Así mismo se describieron las posibilidades de usar dispositivos comúnmente disponibles, como pulseras inteligentes y tecnología de seguimiento ocular, es decir, usar soluciones y métodos técnicos existentes que se basan en la aplicación de sensores para crear un sistema sensorial integral (IoT), con el cual obtener y evaluar resultados en tiempo real. Estos resultados ayudaron a los estudiantes a adaptar sus estudios y así agilizar el proceso de su aprendizaje.

En [41] se mencionó que el estrés es una de las afecciones de salud más importantes del mundo después de las enfermedades musculoesqueléticas y se relacionó con el dolor en algunas situaciones, depende del tipo de estrés que se padezca es el impacto en el bienestar humano. Entre los síntomas del estrés agudo se encuentran malestar mental, ansiedad, dolores musculares, dolor de espalda, fatiga, acidez de estómago y hacinamiento; los problemas cardíacos, las arritmias e incluso la muerte prematura, son causa del exceso de enfermedades cardíacas. Los impactos crónicos sobre la salud de los seres humanos son similares a los del estrés agudo, sin embargo, el estrés crónico provoca un daño físico mayor, una carga persistente también es causa de la hipertensión arterial y enfermedad coronaria síndrome del intestino irritable, refección gastroesofágica, ansiedades específicas y depresión. En esta investigación se detectó y clasificó el estrés en jóvenes a través de examinar la tensión en diferentes momentos de la vida universitaria, esto se realizó a través de un cinturón pectoral para obtener la actividad electrodérmica, el ritmo cardíaco y el acelerómetro. Además, se utilizaron los algoritmos de

aprendizaje automático: LDA (*Linear Classification Analysis*, Análisis de Clasificación Lineal), SVM (*Support Vector Machine*, Máquina de Soporte Vectorial), KNN (K-Nearest Neighbor, K-Vecino más Cercano) y clasificadores lógicos para hacer la clasificación y obtener con ello resultados eficientes.

2.1.3 Sensores para la detección de estrés.

El estrés en [42] se consideró una sensación de estar bajo una presión anormal que proviene de diferentes aspectos de nuestro día a día. Los autores mencionaron la detección temprana del estrés ser muy útil para tomar nuevas medidas, ya que afecta la salud física y mental de las personas. En esta investigación se revisaron varios enfoques de detección de estrés que utilizaron sensores portátiles para la recopilación de datos y algoritmos de aprendizaje automático para predecir el nivel de estrés de un individuo mediante la construcción de un modelo de clasificación. Se descubrió que el nivel de estrés se detecta mediante algunas medidas fisiológicas como la frecuencia cardíaca, la variabilidad de la frecuencia cardíaca y la conductancia de la piel, mientras que los algoritmos Support Vector Machine, Random Forest y K-Nearest Neighbor son más efectivos para la clasificación.

En [43] mencionaron que según un informe del British Health and Safety Executive, el estrés representó el 37% de todos los casos de mala salud relacionados con el trabajo en 2015. En la investigación se mencionó que la salud mental no es visible para nadie y es difícil identificar el estado psicológico afectivo real de una persona; algunas de las afecciones de salud mental como la depresión, el síndrome de estrés agudo, la ansiedad y el insomnio tienen síntomas comunes, por lo que clasificar el tipo correcto se vuelve un desafío, para clasificarlos se evalúa durante un período prolongado y se requieren visitas al hospital. La salud mental proactiva y remota justificó el uso de diversos biomarcadores para detectar el estado mental afectivo del individuo mediante la evaluación de las actividades diarias, por ello se presentó un modelo para la detección de estados de estrés mental que utilizó señales biológicas basadas en sensores, se propuso una red neuronal profunda de varios niveles con capacidades de aprendizaje jerárquico de la red neuronal de convolución, para combinar las características de alto nivel y clasificar los estados de estrés en tres categorías: línea de base, estrés y diversión. El modelo se evaluó en el conjunto de datos de referencia de WESAD para la salud mental.

La investigación [44] mostró que el estrés aumenta el riesgo de problemas cardíacos graves. Se indicó que se detecta gracias a diferentes indicadores fisiológicos, sin embargo, también se demostró que la variabilidad de la frecuencia cardíaca, la conductancia y la temperatura de la piel son los mejores indicadores para detectar el estrés. En este trabajo, se propuso un método para identificar el estado de estrés de una persona en función de los cambios en la conductancia de la piel, la temperatura de la piel y la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Se implementó un dispositivo portátil que combinó un sensor de conductancia de la piel para detectar cambios en la electricidad de la piel, un sensor para detectar variaciones en la frecuencia cardíaca asociadas con el estrés y un sensor de temperatura de la piel para detectar la reducción de temperatura en las extremidades que se produce cuando la persona está estresada. Las medidas tomadas por estos sensores se analizaron en tiempo real a través de una implementación de inteligencia artificial basada en la nube para determinar el nivel de estrés del usuario. Con base en los resultados, se sugirieron medidas correctivas a través de una aplicación móvil y, en caso de emergencia, se notificó al médico del usuario.

En [45] se presentó que los seres humanos experimentan diferentes situaciones físicamente inestables que conducen a posibilidades de sufrimiento a través de viciosos riesgos fisiológicos y sus dependencias, por ello, en este estudio se propuso una solución para medir la respuesta galvánica de la piel (GSR), donde se diseñó y desarrolló una tira de circuito flexible, poblada con conjuntos de circuitos esenciales, para evaluar y monitorear el nivel de GSR para así detectar el nivel de actividades fisiológicas humanas de un individuo mediante la adquisición, amplificación y procesamiento de datos. Este sistema flexible se utilizó en la palma de la mano, donde dos cables entraron en contacto con dos tiras de sensores que se usan en el primer dedo, sin embargo, el valor de GSR que se midió, se visualizó “24 horas al día, 7 días a la semana” en un teléfono inteligente con Bluetooth a través de una aplicación incorporada previamente, lo que resultó un desarrollo novedoso del rentable sistema de detección GSR de uso afectivo. El sistema-sensor propuesto fue capaz de elevar cualidades como adaptabilidad, experiencia de usuario, portabilidad y ubicuidad para una posible aplicación del monitoreo de la psicodinámica humana.

Los autores en [46] presentaron una solución para un desafío importante en la educación, ya que debido a la enorme actualización y mejora de las habilidades de los empleados y al aumento de la demanda de los competitivos especialistas de la Industria 4.0, llamados Tall Thin Engineer, los métodos tradicionales de enseñanza y formación llegaron a sus límites y se requiere Educación 4.0 con nuevos métodos didácticos y planes de estudio preparados para el futuro. Esta investigación se centró en presentar una implementación de métodos de adaptabilidad e inteligencia artificial (IA) dentro del proceso de Educación 4.0 e investigar biosensores integrados (no invasivos, de bajo costo y sin distracciones) que se utilizaron en teléfonos inteligentes y relojes inteligentes, para posteriormente habilitar IoT para la educación superior, es decir, un sistema novedoso que se asistió por IA y tuvo en cuenta los datos de biosensores integrados y los datos ambientales para estimar el bienestar y la salud de los estudiantes y así apoyar su éxito académico.

Los autores en [47] manifestaron que mostrar el nivel del estrés es una herramienta poderosa para aquellos interesados en monitorear su salud. Por ejemplo, de alguien que está en alto riesgo de paro cardíaco, conocer el nivel de estrés ayuda a tomar medidas necesarias para moderarlo debido al potencial del impacto cardíaco, esto es el factor decisivo entre elegir una u otra cosa. Por ello, propusieron una herramienta “iStress” para detectar el nivel estrés en una persona a través de la Variabilidad del Ritmo Cardíaco, el proyecto utilizó *Microsoft Band*[®] para enviar datos del sensor de frecuencia cardíaca a través de Bluetooth a un iPhone y, finalmente, a un servidor en la nube de Google[®]. Los clasificadores de aprendizaje automático fueron LogitBoost con árboles de decisión, Máquina de Soporte Vectorial y Redes Bayesianas, todos se implementaron en Python y alojaron en la nube para indicar el estrés en las clases binarias. Cada clasificador se entrenó con el conjunto de datos en la nube existente y devolvieron la clasificación de estrés con resultados comparables o mejores que los sistemas existentes.

2.2 Análisis Comparativo

La tabla 2.1 contiene información comparativa de los artículos más relacionados con el trabajo de tesis con el fin de observar las similitudes y diferencias más importantes.

Tabla 2.1 Análisis comparativo de artículos más relacionados.

Análisis de artículos relacionados con la identificación de estrés					
Artículo	Problema	Contribución	Tecnología	Resultados	Estado
Verma et al. 2019 [29]	Falta de un método para calcular los parámetros de estrés de los estudiantes	Marco de monitoreo de estrés de los estudiantes basado en IoT que se asistió por nubes de niebla de 5 capas.	Classificatory Bayesian Belief Network, model Temporal Dynamic Bayesian Network Kinect 3D, camara USB, sensors de area corporal y vide, Amazon EC2, WEKA 3.7	Análisis y detección eficaz del índice de estrés en estudiantes con un modelo TDBN de puntuación predictiva absoluta en comparación con otros modelos de última generación.	Terminado.
Shanmugasundaram et al. 2019[16]	El estrés como consecuencia negativa en la vida de las personas debido a la dependencia de la digitalización.	Análisis de técnicas para la detección de estrés mediante el uso de parámetros fisiológicos.	Método de reconocimiento de expresiones faciales, técnica multimodal, Red Neuronal Artificial, Transformada de Onda Discreta.	Técnicas para analizar y reconocer la detección de estrés con parámetros más precisos.	Terminado.
Uzelac et al. 2015[17]	Falta o perdida de concentración de los estudiantes durante clases.	Identificación de parámetros del entorno físico en un aula y evaluación su influencia en la concentración de los estudiantes.	Kit de herramientas de WEKA, AdaBoostM1.	Detección de cinco atributos del entorno físico y una estrategia para reconocer la concentración de los estudiantes.	Terminado.
Ray et al. 2019[18]	Falta de una herramienta de detección de efectos fisiológicos o conductas de salud desadaptativas y sus dependencias en las personas.	Sistema GSR basado en tiras flexibles para detectar el nivel de actividades fisiológicas humanas mediante la adquisición, amplificación y procesamiento de datos GSR.	Microcontrolador ATTiny85, sensor GSR, MakerPlot, Arduino IDE, Fritzing, MIT App Inventor, sensor basado en Pyarlux, estándar Shimmer3 GSR.	Sistema GSR con capacidad de interactuar con plataformas IoT mediante el uso de API's para análisis, principalmente para obtener asistencia sanitaria electrónica.	Terminado

Análisis de artículos relacionados con la identificación de estrés

Artículo	Problema	Contribución	Tecnología	Resultados	Estado
Francisti et al. 2020[19]	La existencia de un grado de dependencia entre la concentración y la frecuencia cardíaca de los estudiantes, afecta los resultados de aprendizaje.	Experimento y análisis para señalar la relación entre la concentración y la frecuencia cardíaca del alumno debido a que es consecuencia de fenómenos fisiológicos, como el estrés.	Seguimiento de ojos, dispositivos de IoT, sensor de frecuencia cardíaca, prueba de normalidad de Lilliefors	La correlación resultó ser positiva, así que se planifico un sistema sensorial integral, para evaluar resultados en tiempo real, y adaptar la enseñanza para aumentar la concentración del estudiante.	Terminado
Gedam et al. 2020[20]	El estrés como una de las principales causas que conducen a los principales trastornos crónicos de salud y no hay técnicas confiables para su detección.	Análisis de enfoques de detección de estrés que utilizan sensores para la recopilación de datos y algoritmos de aprendizaje automático.	Algoritmos de Inteligencia Artificial: Support vector machine, Random Forest y K-Nearest Neighbor	Técnicas y medidas fisiológicas correlacionadas entre sí, que permiten en un mayor tiempo de cálculo para la detección temprana del estrés.	Terminado
Karthick et al. 2021[21]	El aumento del estrés condujo a problemas como depresión, suicidio, ataque cardíaco y accidente cerebrovascular en los estudiantes.	Dos estudios con sensor y un cinturón pectoral, con orientación a la detección de estrés, para evaluar y comparar la confiabilidad del sensor y características del cinturón	WEKA machine teaching engine, Linear classification analysis (LDA), Support Vector Machine (SVM), k-Nearest Neighbor (KNN) y clasificadores lógicos.	Análisis con algoritmos de limpieza de datos y sincronización fáciles, con selección de segmentos de datos de promedio bajo, fuertemente agrupados.	Terminado
Ranganathan Engineering Colleg... et al. 2018[22]	El estrés, una reacción natural a varios factores indujeron y provocaron	Sistema de IoT para detectar el nivel de estrés de una persona y proporcionar una	Sensores portátiles biomédicos integrados Arduino IDE,	El estudio se centró en identificar la relación de los parámetros	Terminado

Análisis de artículos relacionados con la identificación de estrés					
Artículo	Problema	Contribución	Tecnología	Resultados	Estado
	cambios fisiológicos y de comportamiento .	retroalimentación que ayude a lidiar con los factores estresantes.	ThingSpeak IoT platform, MATLAB analytics.	fisiológicos con el estrés que se indujo en una persona y utilizarlo para el análisis del estrés.	
Rodic-Trmcic et al. 2018[23]	El estrés como uno de los principales problemas de la asistencia sanitaria y tiene un gran impacto en la salud de las personas.	Sistema de IoT compuesto por dos elementos: uno que permite la medición de parámetros vitales para identificar el estrés y otro para el control del estrés en los estudiantes.	Prueba de Inventario de Ansiedad de Texto de Spielberger, Microsoft Azure IoT Hub platform, Stream Analytics, MSSQL database, Arduino, Raspberry Pi, Android.	El tiempo dedicado al uso de la aplicación de salud móvil con contenido relajante para el control del estrés reduce la excitación fisiológica y la emoción de los estudiantes.	Terminado
Rajendran et al. 2021[24]	El estrés en los estudiantes universitarios aumenta debido fallas académicas y causa enfermedades físicas y mentales.	Análisis y evaluación del estrés cognitivo y ansiedad en estudiantes durante el período de exámenes por medio de biomarcadores EEG.	Métodos: EEG, ECG y medición objetiva, Escala de Estrés Percibido (PSS), algoritmos de clasificación: Naive bayes, Random Forest, regresión lineal y Support Vector Machine.	El estudio analizó eficazmente el estrés entre los estudiantes durante el tiempo de examen con dos condiciones experimentales: antes del examen (relajarse) y después del examen (tarea mental).	Terminado

En la tabla 2.1, se realizó la comparación de la contribución, tecnología y resultados que ayudaron a brindar una solución oportuna a cada uno de los problemas que presentaron los diferentes autores en los trabajos de investigación, estos trabajos exponen diferentes enfoques estrechamente relacionados al estrés académico, entre los que destacan la falta de métodos para

identificar parámetros clave de detección de estrés, la importancia de la concentración de los estudiantes, y el estrés como causa principal de enfermedades físicas y mentales; una similitud eminente que se estima los resultados de la comparación que se realizó, es la obtención de análisis o sistemas cuya principal contribución es la identificación de parámetros vitales que detectan estrés en estudiantes mediante el uso de minería de datos e Inteligencia Artificial, los cuales alcanzaron resultados favorables, sin embargo, no especifican la clasificación del nivel de estrés que se presenta en los estudiantes, elemento clave que se desarrolló en esta propuesta mediante el uso de un dispositivo vestible no invasivo de percepción cerebral, para encontrar nuevos biomarcadores y las correlaciones que tienen con los ya existentes para lograr la clasificación del nivel de estrés en estudiantes de nivel superior de manera eficiente.

2.3 Propuesta de solución

Se propuso el desarrollo de un módulo capaz de identificar el nivel de estrés que presenta un estudiante de nivel superior de acuerdo a algunos biomarcadores relacionados con la respuesta al estrés, para ello, se realizó un análisis de tecnologías como lenguajes de programación, entornos de desarrollo, sistemas gestores de base de datos, bibliotecas de funciones para aprendizaje automático. A continuación, en la Tabla 2.2 se presenta la alternativa que se consideró más adecuada, debido al análisis y características de las tecnologías, para brindar solución a la problemática.

Tabla 2.2 Propuesta de solución.

Aspecto	Tecnología
Lenguaje de Programación	Python
Biblioteca de funciones de Aprendizaje Automático	Scikit Learn
Marco de trabajo	Laravel
Entorno de Desarrollo Integrado	Visual Studio Code
Dispositivo vestible	Muse 2
Sistema Gestor de Base de Datos	MySQL
Algoritmos de Aprendizaje Automático	Random Forest, K-Nearest Neighbor, AdaBoots y Support Vector Machine
Metodología de desarrollo	Cascada

La propuesta de solución se centró en el análisis y combinación de diferentes tecnologías para el desarrollo del módulo de identificación del nivel de estrés académico. Debido a la naturaleza del trabajo de tesis la alternativa de solución combinó el lenguaje de programación Python y la biblioteca Scikit Learn, la cual fue ideal debido al soporte que brinda a los algoritmos de clasificación para su entrenamiento, como marco de trabajo de desarrollo se consideró Laravel debido a que demuestra tener un mayor número de características convenientes, asimismo, se seleccionó Visual Studio Code como entorno de desarrollo por la flexibilidad que presenta y la compatibilidad con otros lenguajes de programación, además trabaja con un amplio catálogo de extensiones que en su momento fue conveniente utilizar. El dispositivo para la extracción de datos que se utilizó fue la diadema de meditación Muse®, debido a que proporciona información en tiempo real sobre la actividad cerebral, presión, respiración y demás variables fisiológicas que apoyaron el análisis del nivel de estrés, por otro lado, como sistema gestor de base datos se utilizó MySQL, debido a la basta familiarización con diversos lenguajes de programación lo que permitió una mayor adaptabilidad al desarrollo. Los algoritmos de clasificación Random Forest, Logistic Regression, AdaBoots y Support Vector Machine se utilizaron dado que en el análisis de literatura se demostró que son los más eficientes, por lo cual se realizaron múltiples pruebas, y se seleccionó el que presentó mayor precisión y desempeño respecto a la naturaleza de los datos. Por último, la metodología que se empleó para el desarrollo del módulo fue tipo cascada pues se consideró adaptable al proyecto de tesis debido a la estructura clara y secuencial que proporciona.

2.3.1 Tecnologías de la propuesta de solución

2.3.1.1 Python

Python es un lenguaje sencillo y eficaz de programación, posee estructuras de datos eficientes de alto nivel y sistema práctico de Programación Orientado a Objetos. Además de tener una sintaxis elegante, también tiene un vigoroso tipado que, en conjunto con la naturaleza de interpretación, lo convierte en el lenguaje adecuado para desarrollar de manera rápida aplicaciones de diversas áreas y plataformas. El intérprete de Python y la extensa biblioteca estándar se encuentran disponibles libremente en código fuente y de forma binaria para la

mayoría de las plataformas desde la Web de Python. El sitio oficial también contiene distribuciones y referencias a muchos módulos libres de Python de terceros, programas, herramientas y documentación adicional.

Python cuenta con un intérprete que facilita la extensión de funciones y tipos de datos ocupados en otros lenguajes, también es importante mencionar que es un lenguaje para extender aplicaciones modificables [48].

2.3.1.2 Scikit-Learn

Es la biblioteca más útil y robusta para el aprendizaje automático dentro del lenguaje de programación Python, utiliza Numpy y otras bibliotecas de apoyo para complementar las operaciones de alto rendimiento, es de código abierto, también ofrece herramientas simples y eficientes para realizar análisis predictivos de datos y cuenta con una gama extensa de soporte para algoritmos de clasificación, regresión, agrupamiento, selección de modelo, preprocesamiento y reducción de dimensionalidad, asimismo permite reutilizar contextos para ahorrar recursos y mejorar el rendimiento en cada caso [49]

2.3.1.3 Laravel

Laravel es un marco de aplicaciones web que proporciona una estructura con sintaxis sencilla, expresiva y elegante, se considera un punto de partida para crear aplicaciones web, además proporciona potentes características como inyección de dependencias, abstracción de base de datos expresiva, pruebas unitarias, pruebas de integración, entre otras. Asimismo, aporta un sistema de plantillas para la creación de vistas, un sistema de base de datos que trabaja con objetos Eloquent ORM (*Object Relational Mapping*, Mapeo de Objeto Relacional), un sistema de rutas, y middlewares los cuales son controladores que se ejecutan en una petición. Laravel es comunitario puesto que combina los paquetes más ideales del ecosistema PHP para brindar el marco más vigoroso y accesible para el desarrollador. Además, miles de talentosos desarrolladores de todo el mundo contribuyen para mejorarlo lo que también lo convierte en un marco progresivo y escalable [50].

2.3.1.4 Visual Studio Code

Visual Studio Code es un editor de código popular que ofrece muchas funcionalidades, es ligero y potente por ser multiplataforma, además incluye soporte para diversos lenguajes de programación, y también cuenta con un amplio ecosistema de extensiones a otros lenguajes

como C #, Java, Python, entre otros. De la misma manera, permite implementar y hospedar sitios web con React, Angular, Vue, Node, Python, almacenar y consultar datos relacionales, así como escalar con aplicaciones de tipo *stand alone*.

Visual Studio Code trabaja con Git y otros Sistemas de Control de Versiones, lo que permite revisar y organizar los archivos, además de realizar confirmaciones directamente desde el editor [51].

2.3.1.5 Muse®

Los productos Muse® [52] son dispositivos electroencefalográficos de investigación que detectan la actividad cerebral y utilizan la biorretroalimentación en tiempo real para lograr la recuperación de la concentración, una de las características peculiares es que proporcionan la información en tiempo real sobre frecuencia cardíaca, respiración, movimientos corporales y demás biomarcadores mediante multisensores que ayudan a desarrollar una práctica de meditación consistente.

Brindan también un conjunto de especificaciones para la mente, corazón, cuerpo y respiración, junto con una retroalimentación de las ondas cerebrales emitidas por el usuario, con el fin de exponer claramente el enfoque de la actividad cerebral, sintoniza el ritmo cardíaco para optimizar el rendimiento, también brindan información sobre respuestas físicas, la postura de meditación para brindar relajación y controlar la respiración para encontrar la calma y combatir el estrés.

2.3.1.6 MySQL

MySQL es un sistema gestor de base de datos de los más destacados, su desarrollo, distribución y soporte lo respalda Oracle Corporation, SQL (*Structured Query Language*, Lenguaje de consulta estructurado) es el lenguaje estandarizado que se utiliza para acceder a las bases de datos y realizar consultas, lo define el estándar ANSI/ISO SQL, y de acuerdo al entorno de programación que se utiliza, las instrucciones SQL se incrustan en diversos lenguajes de programación con la sintaxis oculta. En medida que se accede, agrega y procesan los datos en un base de datos, es necesario contar con un sistema de administración como lo es MySQL, estos sistemas conforman una parte importante en el desarrollo de aplicaciones y demás utilidades independientes a la computación [53].

2.3.1.7 Algoritmos de Aprendizaje Automático

El objetivo de los modelos de clasificación es producir una combinación de elementos en nuevas listas, con el fin de encontrar rasgos similares a clasificaciones en los datos de entrenamiento. A continuación, se muestran algunos algoritmos de clasificación seleccionados para implementar en este trabajo de tesis.

➤ **Regresión logística**

Regresión logística [54], es un modelo estadístico que se utiliza para la clasificación y análisis predictivo, se encarga de estimar la probabilidad de que un evento suceda o no, en función de un conjunto de datos con variables independientes, que generan un resultado mediante una variable dependiente que se limita a cero y uno. Existen tres tipos de regresión logística que se definen en función de la respuesta categórica, es decir el número de resultados que se espera obtener, estos tipos son: regresión logística binaria, en este caso se espera obtener dos posibles resultados y es uno de los clasificadores más comunes, la regresión logística multinomial, en este caso se esperan tres o más resultados pero no tienen un orden específico, y finalmente la regresión logística ordinal, que se aprovecha cuando existen tres o más resultados pero a diferencia del caso anterior, los valores tienen un orden definido.

➤ **Bosques aleatorios**

Bosques aleatorios (*Random forest*, Bosques aleatorios) es uno de los algoritmos con mayor relevancia dentro del aprendizaje automático, lo registraron Leo Breiman y Adele Cutler; Random forest combina la salida de múltiples árboles de decisión para alcanzar un solo resultado. Su facilidad de uso y flexibilidad impulsan su adopción, ya que maneja problemas de clasificación y regresión. El algoritmo se compone de una colección de árboles de decisión, y cada árbol en el conjunto se compone de una muestra de datos extraída de un conjunto de entrenamiento con reemplazo, llamada muestra de Bootstrap. De esa muestra de entrenamiento, un tercio de ella se reserva como datos de prueba, conocidos como la muestra fuera de bolsa, luego se inyecta otra instancia de aleatoriedad a través de la recaudación de características, agrega más diversidad al conjunto de datos y reduce la correlación entre los árboles de decisión. Depende del tipo de problema, la determinación de la predicción varía, para una tarea de

regresión, se promedian los árboles de decisión individuales, y para una tarea de clasificación, un voto mayoritario, es decir, la variable categórica más frecuente, producirá la clase predicha. Finalmente, la muestra se utiliza para la validación cruzada, y finaliza la predicción [55].

➤ **AdaBoost**

AdaBoost (*Adaptive Boosting*) se trata de un algoritmo de impulso y clasificación estadística que se utiliza como método de conjunto, se nombró *Adaptive Boosting* debido a que el valor de los datos incrementa a cada instancia, con valores más grandes a las instancias clasificadas de manera incorrecta, es decir, consiste en crear más de un predictor para mantener una secuencia de manera que el segundo mejore lo que el primero no pudo y así sucesivamente hasta obtener un mejor desempeño. El algoritmo AdaBoost ayuda a minimizar el sesgo y la varianza del aprendizaje supervisado, su funcionamiento se basa según el principio de que los datos crecen en secuencias, excepto por el primero, cada dato subsiguiente se desarrolla a partir de datos previamente desarrollados, es decir, los datos débiles se convierten en fuertes y logran un promedio ponderado en la clasificación [56].

➤ **Máquina de Vectores de Soporte**

SVM (*Support Vector Machine*, Máquina de Vectores de Soporte) es un algoritmo que se utiliza para solucionar problemas de clasificación y regresión de dos grupos, este modelo es uno de los más robustos dentro del aprendizaje supervisado, su objetivo principal es encontrar un hiperplano, es decir, un límite de decisión dentro de un N número de características que clasifican los datos. Al brindar a un modelo SVM algún conjunto de datos que sirva para el entrenamiento de cada categoría, este realiza la categorización del nuevo dato. A diferencia de otros algoritmos como las redes neuronales, Naive Bayes y otros, el modelo SVM tienen dos ventajas principales, las cuales son mayor velocidad y mejor rendimiento sin tener limitantes en el número de muestras, lo que significa que es adecuado para problemas de clasificación de datos, donde comúnmente se tiene acceso a grandes conjuntos de datos con algunas muestras etiquetadas, además de tener una memoria eficiente para un subconjunto de puntos de entrenamiento llamados vectores de soporte también es posible especificar diversas funciones del kernel [57].

La importancia de los trabajos relacionados en esta investigación fue esencial, ya que estos estudios previos o antecedentes sirvieron como punto de partida para el desarrollo de una investigación. Resultaron indispensables al establecer el marco teórico y empírico en el cual se enmarcaron el problema y los objetivos de investigación, además de proporcionar una base sólida en la cual se construyó el nuevo estudio mediante la implementación de una metodología que guió todo el proceso de desarrollo.

De manera similar, la relevancia de la definición tecnológica es de suma importancia, ya que esta definición desempeñó un papel fundamental al establecer los elementos tecnológicos clave que se utilizaron en el desarrollo del proyecto de tesis, es esencial porque brindó una guía clara sobre las tecnologías, herramientas y plataformas que se emplearon y permitió una planificación efectiva y un enfoque coherente en el proceso de desarrollo. Además, la definición tecnológica contribuyó a garantizar la viabilidad técnica del proyecto al asegurarse de que se seleccionaron las tecnologías adecuadas para cumplir con los requisitos y objetivos del software.

Capítulo 3. Aplicación de la metodología.

El presente capítulo describe el proceso de desarrollo correspondiente al módulo que brindó solución a la problemática expuesta en el capítulo 1 de este trabajo de tesis.

3.1 Planeación

La planeación es la fase donde se determina la viabilidad y se adapta para lograr el objetivo, es recomendable crear un cronograma y establecer plazos realistas, pues se considera crucial para asegurar el éxito; además pone un énfasis especial en la comunicación abierta para asegurarse de que los objetivos y requisitos del proyecto se comprendan y cumplan adecuadamente.

3.1.1 Análisis de aplicaciones para gestionar estrés.

El análisis de aplicaciones se realizó para evaluar información acerca de aplicaciones que tienen una relación estrecha con la gestión de estrés, con el objetivo de conocer las funciones con mayor relevancia para apoyar y beneficiar a los usuarios que sufren este padecimiento.

Se analizaron diez aplicaciones para conocer detalladamente las funciones que permiten a los usuarios lidiar con episodios de estrés, sin embargo, en la Tabla 3.1 se muestran únicamente las más relevantes de acuerdo a un conjunto de características que se detectaron en común para apoyar el rendimiento del sueño, la concentración, el estado de ánimo, entre otras.

Tabla 3.1 Análisis de aplicaciones para la gestión de estrés.

Aplicaciones relevantes para la gestión de estrés						
Características	Motivo	Google play store App store				
		Meditopia	Calma	Hábito simple	Betterme	Sanvello
Test de inicio	Esencial para que el usuario informe sobre su salud física y mental para posteriormente mostrar resultados con base en las respuestas.	X	X		X	X
Biblioteca de sonidos	Permite relajar los sentidos y reducir el estrés a través de breves fragmentos de sonidos ambientales.	X	X	X	X	
Biblioteca de meditación	La práctica de meditación es una de las actividades esenciales para reducir el estrés.	X	X	X	X	X
Seguimiento del sueño	Es importante llevar un registro de las horas de sueño debido a que cambios en los patrones de sueño y otras dificultades significan estrés.	X	X			
Técnicas de respiración	La respiración controlada es un procedimiento que ayuda a reducir la activación fisiológica y su vez afrontar el estrés y ansiedad.		X		X	X
Seguimiento de estados de ánimo	El estado de ánimo de una persona repercute en su salud, ayudándola mentalmente a sobrepasar mejor cualquier situación.	X	X			X
Calendarización de tareas	Es esencial porque brinda apoyo a los usuarios para que continúen con sus actividades del día a día, que constantemente evitan por problemas de estrés.	X	X	X	X	X
Registro de hábitos	Llevar un registro de hábitos saludables facilita la vida cotidiana e incide positivamente en el bienestar físico, mental y social.	X	X	X		X
Mide el nivel de estrés	Es importante conocer el nivel de estrés para reducir el riesgo de tener problemas graves de salud mediante las técnicas y estrategias adecuadas.					X
Vinculación con expertos	Es relevante ya que mejoran la gestión de estrés en una misma sintonía con un profesional y con las sesiones que ofrece la aplicación.					X
Brinda recomendaciones	Es importante que se brinden recomendaciones según el nivel de estrés que presenta cada usuario puesto que las necesidades son distintas.	X	X		X	X
Aprobado organismo médico	Es fundamental y relevante que las técnicas que se utilizan para atacar el estrés sean validadas clínicamente.					X

Las aplicaciones que se analizaron se enfocan principalmente en una serie de ejercicios mentales de manera preventiva, con el fin de que los usuarios practiquen técnicas de meditación con programas personalizados de meditación guiada, ejercicios de respiración, registros de actividades, bibliotecas de sonidos relajantes, por mencionar algunos, sin embargo, estas funciones se utilizan sin intervención de algún especialista de salud, debido a que son técnicas preventivas que permiten mejorar hábitos, por lo cual, no existe alguna función que permita conocer concretamente qué nivel de estrés presenta el usuario que utiliza la aplicación y la situación que provoca cierto nivel de estrés, por lo tanto, realizar el análisis de estas aplicaciones

fue de suma importancia para determinar las funciones y el enfoque que tendrá el módulo de identificación de nivel de estrés en estudiantes universitarios.

3.1.2 Análisis de biomarcadores.

Los biomarcadores son elementos fundamentales en la detección del estrés debido a que proporcionan una forma objetiva de medir los cambios fisiológicos que se producen en el cuerpo como respuesta al estrés, además permiten medir y analizar con precisión los cambios en el nivel de hormonas del estrés, la actividad del sistema nervioso autónomo y otros marcadores biológicos que se relacionan estrechamente con el estrés.

A continuación, se presentan los biomarcadores con mayor relación en la detección de estrés según la literatura que se analizó anteriormente, asimismo se muestran los que se consideran adecuados en este trabajo de tesis, para determinar el desequilibrio significativo en los estudiantes universitarios cuando padecen estrés y el dispositivo vestible que se pretende utilizar para obtener los valores de estos biomarcadores.

3.1.2.1 Biomarcadores que se relacionan con la detección de estrés

Durante la revisión de los trabajos relacionados con este trabajo de tesis, se identificaron algunos biomarcadores que se utilizan comúnmente para detectar el estrés, debido a que permiten evaluar la respuesta fisiológica ante situaciones estresantes y ofrecen información valiosa acerca de los posibles efectos negativos en la salud de las personas si el estrés no se maneja adecuadamente. Algunos de los biomarcadores que se identificaron son:

➤ Ritmo cardíaco

El ritmo cardíaco aumenta durante situaciones desafiantes o estresantes y, por ende, refleja la respuesta fisiológica del cuerpo ante el estrés, lo que lo convierte en un biomarcador valioso para identificarlo. Adicionalmente, la variabilidad de la frecuencia cardíaca, que es la fluctuación en el tiempo entre los latidos del corazón, también proporciona información útil sobre la capacidad del cuerpo para recuperarse del estrés.

➤ **Presión arterial**

Cuando se experimenta una situación estresante, la presión arterial aumenta, lo que indica una activación del sistema nervioso simpático y una liberación de hormonas que se relacionan con el estrés.

➤ **Frecuencia respiratoria**

La respiración es importante para identificar el estrés en una persona, una respiración excesiva provoca bajos niveles de dióxido de carbono en la sangre, lo que a su vez causa síntomas como aturdimiento, taquicardia y dificultad para respirar. Es importante considerar que la respiración también se afecta por otros factores, como la ansiedad o la actividad física, y que su medición se interpreta en conjunto con otros biomarcadores para una evaluación más precisa del estrés.

➤ **Respuesta Galvánica de la Piel (GSR)**

La respuesta galvánica de la piel es útil, ya que indica la activación del sistema nervioso simpático y la sudoración excesiva en la piel, lo que genera un aumento en la actividad eléctrica de la piel, sin embargo, es importante controlar otros factores como la temperatura ambiente, la humedad, la actividad física, a fin de que no afecten y se obtengan resultados precisos.

➤ **Cortisol**

El cortisol, también conocido como hidrocortisona, es una hormona esteroidea que se produce en las glándulas suprarrenales y se libera en momentos de estrés para modificar el entorno interno del cuerpo, genera una serie de efectos fisiológicos, como el aumento de los niveles de azúcar en la sangre y reducción de la inflamación, sin embargo, es uno de los biomarcadores que únicamente es posible medir a través de muestras de saliva, sangre u orina.

➤ **Dehidroepiandrosterona (DHEA)**

Es una hormona segregada por la glándula adrenal en respuesta a una situación de estrés, los niveles de DHEA disminuyen temporalmente debido a la liberación de otras hormonas, como el cortisol. La disminución de los niveles de DHEA se relaciona con la fatiga y otros

efectos negativos en la salud si se produce de manera crónica, al igual que el cortisol la medición se realiza mediante análisis de sangre o saliva, pero estos se interpretan con precaución debido a las variaciones según el género y la edad.

➤ **Temperatura**

En respuesta al estrés, el cuerpo experimenta un aumento en la temperatura corporal, lo que se conoce como fiebre del estrés. Este aumento de temperatura se produce debido a la activación del sistema nervioso simpático, que causa una mayor producción de calor en el cuerpo, lo que genera efectos negativos en la salud, como el riesgo de deshidratación, fatiga, insomnio y enfermedades que se relacionan con el calor si se produce de forma crónica o si no se maneja adecuadamente.

➤ **Ondas cerebrales**

Las ondas cerebrales son una manifestación de la actividad del sistema nervioso central, e indican desequilibrio en el mismo, cualquier perturbación en el sistema nervioso desencadena una alteración en la actividad de las ondas cerebrales, lo que se convierte en un indicador de problemas de salud que se relacionan con el estrés y otros trastornos.

La identificación de patrones de ondas cerebrales proporciona información valiosa sobre los efectos del estrés en el cerebro y en la salud en general. Además, se sugiere que la meditación y otras técnicas de relajación permiten cambiar los patrones de ondas cerebrales hacia un estado más relajado y calmado, lo que ayuda a reducir los efectos negativos del estrés en el cuerpo.

3.1.2.2 Biomarcadores que se consideraron para este trabajo de tesis.

La elección de los biomarcadores adecuados para identificar el nivel de estrés es fundamental en este trabajo de tesis, debido a que permiten obtener información valiosa sobre cómo responde el cuerpo ante este padecimiento y cómo prevenir potenciales efectos negativos en la salud. De igual forma apoyan a mejorar la precisión de la identificación del nivel de estrés, lo que a su vez permite prevenir enfermedades crónicas y otras afecciones, además de diseñar intervenciones más efectivas para el manejo adecuado del estrés en los estudiantes universitarios. A continuación, se encuentran los cuatro biomarcadores que se consideran ideales para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo de tesis:

- Ritmo cardíaco
- Frecuencia respiratoria
- Ondas cerebrales: Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma
- Cortisol

Para seleccionar dichos biomarcadores, se realizaron dos pasos importantes. En primer lugar, se revisó la literatura existente de proyectos similares para identificar los más significativos en la identificación de estrés y se eligieron aquellos que brindan los mejores resultados. En segundo lugar, se consideró el uso de un dispositivo vestible de Internet de las cosas (IoT) que permita la medición de estos biomarcadores de manera fácil y no invasiva.

3.1.2.3 Obtención de datos con MUSE®

La obtención de datos se realiza mediante la diadema de percepción cerebral MUSE® (SCR_014418), la cual es un dispositivo vestible que tiene como objetivo servir como herramienta de meditación y se centra en la retroalimentación en tiempo real de la actividad cerebral, frecuencia cardíaca, respiración y los movimientos corporales. En la figura 3.1 se exponen las especificaciones de meditación de la diadema.

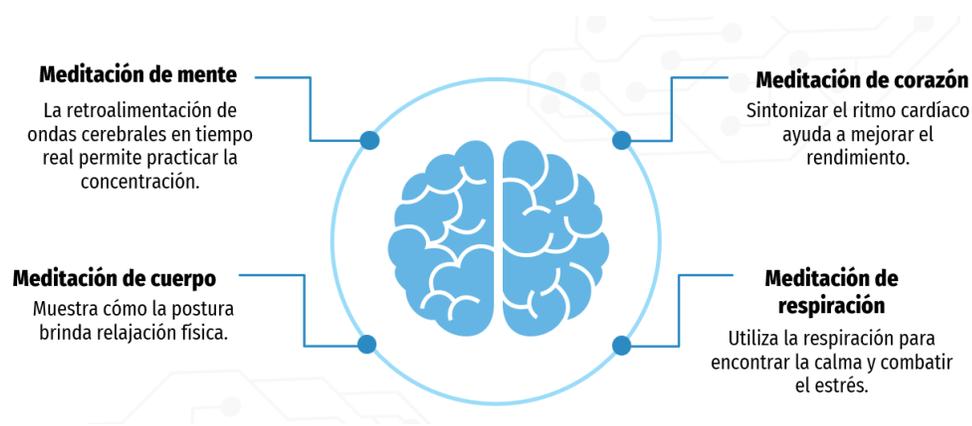


Figura 3.1 Especificaciones de MUSE

- **Mente:** Permite detectar ondas cerebrales Delta, Theta, Alfa, Beta y Gamma (EEG).
- **Corazón:** Permite ajustar el rendimiento de la frecuencia cardíaca (PPG + Pulsioximetría).
- **Respiración:** Proporciona el rendimiento de frecuencia respiratoria (PPG + giroscopio).

- **Cuerpo:** Proporciona información sobre la postura del cuerpo (Acelerómetro).

La diadema Muse® consta de cinco sensores que se calibran para detectar las señales y proporcionar la retroalimentación correspondiente. La figura 3.2 muestra cómo se comprueba la calidad de la señal de los siguientes sensores:

- TP9 - Oído izquierdo
- AF7 - Frente izquierda
- AF8 - Frente derecha
- TP10 - Oído derecho
- AUXR - Auxiliar derecho

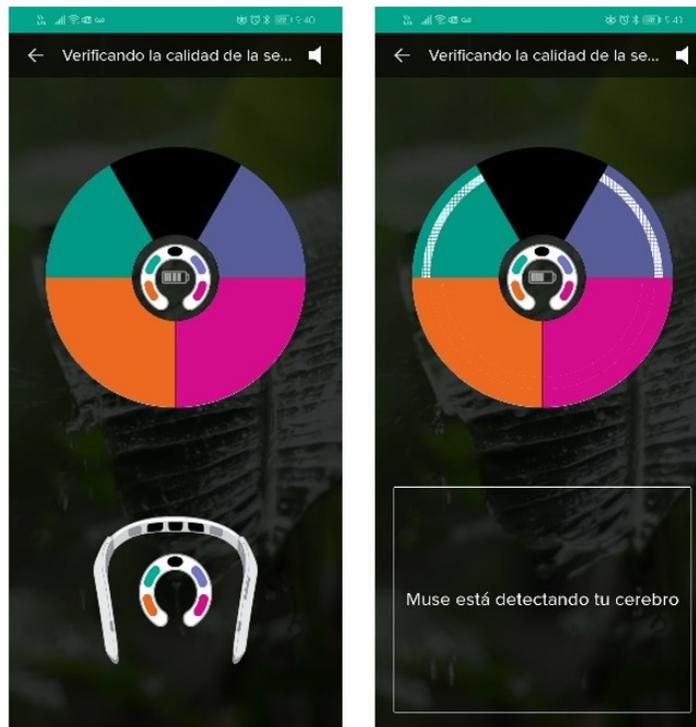


Figura 3.2 Calibrando señal

Actualmente no hay una forma de acceder a los datos sin procesar a través del portal Muse Direct, sin embargo, se contempló alternativamente Mind Monitor®[58], la cual es una herramienta que permite obtener los datos sin procesar de la diadema a través de un espectrograma de frecuencia discreta: sin procesar y absoluta, que también permite visualizar el

efecto de la gravedad en la diadema, valores correspondientes al acelerómetro y giroscopio. Los espectros de frecuencia correspondientes a cada una de las señales cerebrales son:

- Delta(δ) 1-4Hz
- Theta(θ) 4-8Hz
- Alfa(α) 7.5-13Hz
- Beta(β) 13-30Hz
- Gamma(γ) 30-44Hz

En la figura 3.3 se visualiza cómo se leen las señales cerebrales en Mind Monitor® a través de los sensores, cuando un estudiante universitario usa la diadema.

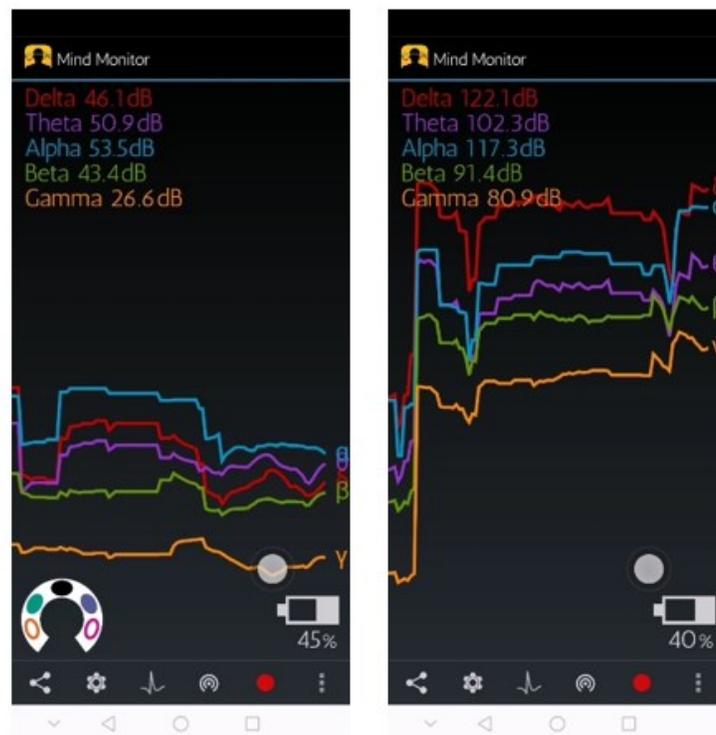


Figura 3.3 Lectura de ondas cerebrales con Mind Monitor.

Los datos de cada sesión se transmiten directamente a un receptor de datos y se registran de forma automática en formato CSV (*Comma Separated Values*, Valores Separados por Comas) que se graba cada segundo, los datos que se registran son: Absoluto, Sin procesar, AUX

derecho, Acelerómetro, Giroscopio, Auricular encendido, HSI (Indicador de herradura/Conectividad del sensor), Pulsaciones del botón Marcador.

3.1.3 Análisis de conjuntos de datos de cortisol.

La necesidad de analizar conjuntos de datos de cortisol para identificar el estrés radica en que no existe una forma automática de obtener los niveles de cortisol en los estudiantes, a diferencia del resto de los biomarcadores. El cortisol es una hormona producida por el cuerpo en respuesta al estrés, y su medición es esencial ya que proporciona una imagen más completa de la respuesta del cuerpo ante esta situación, no obstante, para obtener los datos correspondientes al nivel de cortisol, es necesario realizar exámenes de sangre, orina o saliva. Sin embargo, como una alternativa se analizaron un total de ocho conjuntos de datos correspondientes a los niveles de cortisol con relación al padecimiento de estrés y se seleccionaron los cuatro con mayor relevancia, que se muestran en la Tabla 3.2, es importante mencionar que estos conjuntos se probaron y validaron para posteriormente publicarse.

Tabla 3.2 Conjuntos de datos de Cortisol relacionados con estrés.

CONJUNTO DE DATOS	DESCRIPCIÓN	ATRIBUTOS
The Cortisol Data - Growth Models: Simple to Complex	Comparte datos de cortisol, un conjunto de datos N = 34, T = 9 que se utilizan para ilustrar una variedad de métodos de modelado de crecimiento y de modelado mixto.	9
The GWAS results file from the meta-analysis of morning plasma cortisol by the Cortisol	Datos resumidos para el cortisol plasmático matutino del Consorcio Cortisol Network (CORNET) 2021.	17
Response coherence in stress detection	Los niveles de cortisol en hablantes estresados predicen los juicios de estrés basados en la voz de los oyentes humanos	24
Working memory performance under stress	Conjunto de datos para el rendimiento de la memoria de trabajo bajo estrés: Beneficios de la liberación de cortisol	19

Los cuatro conjuntos de datos que se seleccionaron contienen mediciones de cortisol en la saliva y sangre de personas en respuesta a situaciones estresantes, se consideran los horarios debido a que los niveles de cortisol varían a lo largo del día, y los niveles más elevados se

alcanzan en ciertos momentos. Estos datos son valiosos para analizar patrones de respuesta al estrés y su relación con la salud y el bienestar.

3.1.5 Análisis de instrumentos psicológicos para medir estrés.

Se realizó un análisis que se enfocó a las actividades y situaciones académicas que tienen un valor significativo en los estudiantes para producir alteraciones fisiológicas y emocionales que se convierten posteriormente una fuente de estrés con diversas consecuencias.

Estas situaciones que se presentan se conocen como estresores académicos, y es importante conocer cuáles son los más influyentes dentro de la etapa universitaria de los estudiantes, según Claudia Toribio et al. n.d [59], algunos de los estresores académicos más comunes son los que se presentan en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3 Estresores académicos comunes.

Estresor Académico	Nunca	Rara vez	Algunas veces	Casi siempre	Siempre
Competencia con los compañeros	15 %	20 %	38 %	22 %	5 %
Sobrecarga de tareas	3 %	3 %	15 %	44 %	35 %
Personalidad del profesor	0 %	10 %	27 %	43 %	20 %
Evaluaciones	0 %	4 %	23 %	45 %	28 %
Falta de comprensión de algún tema	5 %	29 %	40 %	21 %	5 %
Participación en clase	8 %	8 %	44 %	20 %	5 %
Tiempo limitado para realizar un trabajo	0 %	7 %	35 %	40 %	18 %
Incapacidad de relajarse	2 %	15 %	36 %	25 %	22 %
Tipo de tareas	0 %	18 %	25 %	37 %	20 %

Sin embargo, estos estresores académicos se identifican dentro de ciertas situaciones que vive el estudiante durante su vida universitaria por lo que es importante analizar, de forma completa algunos instrumentos que engloban estas situaciones y dichos estresores académicos,

para ello se realizó en análisis de instrumentos tradicionales de identificación de estrés académico, el cual se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Instrumentos para medir estrés académico.

Instrumentos para medir estrés académico			
Instrumento	Ítems	Origen	Confiabilidad
Escala de Estrés Académico (EAE)	34 ítems la puntuación total varía de 0 a 136, siendo los valores más altos indicativos de un mayor nivel de estrés académico	Se desarrolló por primera vez por los psicólogos españoles Miguel Ángel Vallejo Pareja y José Muñiz Fernández en el año 2008	La tasa de confiabilidad se evaluó en varios estudios y se encontró que tiene una alta consistencia interna. El coeficiente alfa de Cronbach oscila entre 0.80 y 0.90 en estudios realizados en México.
Cuestionario de Estrés Académico (CES)	33 la puntuación total oscila entre 0 y 132	Se desarrolló por primera vez por los psicólogos españoles Javier Fernández-Berrocal y Pablo Extremera en el año 2003.	La tasa de confiabilidad de evaluó en varios estudios y se encontró que tiene una alta consistencia interna y una buena estabilidad temporal, con un coeficiente Alfa de Cronbach de 0,91.
Inventario de Estrés Académico (IEA)	15 ítems El rango de puntuación posible oscila entre 15 y 75.	Se desarrollo por investigadores de la Universidad de Utrecht en los Países Bajos.	La tasa de confiabilidad se evaluó en varios estudios realizados en México. El coeficiente Alpha de Cronbach oscila entre 0.85 y 0.87
Inventario SISCO	31 ítems y 3 dimensiones El rango de puntuación esta de 0 a 85	Se desarrollo por G.A. Singh y M.M. Goyal en 1984, y posteriormente revisado en 2011.	La tasa de confiabilidad interna que se encontró a través del coeficiente alfa de Cronbach oscila entre 0.89 y 0.93 en diferentes estudios realizados en México

3.1.6 Análisis de requisitos

El objetivo principal del análisis de los requerimientos de usuario es entender cómo será la interacción del usuario con el sistema, para así brindar la solución más eficiente a la problemática, por ello, es importante que se conozca el uso que se pretende dar al módulo. A continuación, se enlistan los requisitos funcionales y no funcionales para el módulo de identificación de estrés en estudiantes universitarios.

3.1.6.1 Requisitos funcionales

Se refieren a las características y funcionalidades específicas que el módulo de identificación de estrés posee para cumplir con las necesidades y expectativas del usuario final. Estos requisitos describen lo qué se hace y cómo se hace dentro del módulo y son esenciales para el diseño, desarrollo y prueba del software.

- **Credenciales de acceso:** El especialista cuenta con credenciales de acceso vigentes que permiten acceder al módulo de forma eficiente.
- **Gestión de estudiantes:** El especialista da de alta a nuevos estudiantes con el objetivo de aplicar al menos una prueba de identificación para conocer su nivel de estrés, asimismo visualiza el histórico de las pruebas que se realizan.
- **Integración con dispositivos IoT:** El módulo se sincroniza con el dispositivo IoT para recopilar datos correspondientes al ritmo cardiaco, frecuencia respiratoria, señales cerebrales.
- **Adquisición de datos:** El módulo recopila los datos de la diadema de percepción cerebral para ayudar a identificar el nivel de estrés.
- **Procesamiento de datos:** El módulo procesa los datos recopilados y utiliza los algoritmos de inteligencia artificial que se seleccionaron, para identificar los patrones y correlaciones que indiquen el nivel de estrés.
- **Informes de nivel de estrés:** El módulo genera informes del nivel de estrés con base en los datos que se recopilaron y procesaron de cada estudiante, a fin de proporcionar información valiosa al estudiante y a los especialistas de la salud mental.

- **Seguridad de datos:** El módulo garantiza la seguridad y privacidad de los datos que se recopilaron y procesaron, mediante el cumplimiento de los estándares de protección de datos personales y privacidad.

3.1.6.2 Requisitos no funcionales

Se refieren a aquellas características que no se relacionan directamente con la funcionalidad del módulo, sino que se refieren a aspectos como la seguridad, el rendimiento, la escalabilidad, la usabilidad y otros aspectos técnicos que afectan la calidad y el comportamiento del módulo de identificación de estrés.

- **Escalabilidad:** El módulo procesa eficientemente los datos para identificar patrones de nivel de estrés en tiempo real.
- **Interoperabilidad:** El módulo es compatible con una amplia gama de dispositivos vestibles y sistemas de información para integrarse de manera efectiva en el entorno del usuario.
- **Disponibilidad:** El módulo está disponible para su uso en cualquier momento, y garantiza una alta disponibilidad del servicio.
- **Usabilidad:** El módulo es fácil de usar para el usuario final, con una interfaz clara y sencilla, lo que permite la interpretación de los datos de manera efectiva.
- **Mantenibilidad:** El módulo es fácil de mantener, el software y hardware se actualizan de manera eficiente, lo que asegura que el sistema funciona sin problemas.
- **Seguridad:** El módulo es seguro y protege la privacidad de los datos personales de los estudiantes, mediante los estándares de seguridad de la información.

3.1.6.3 Diagrama general de casos de uso

Los diagramas de casos de uso son una herramienta de modelado que se utilizó para representar los diferentes usuarios del sistema y sus interacciones con el software. A continuación, en la Figura 3.4 se muestra el diagrama de casos de uso general que corresponde al módulo de identificación de estrés en estudiantes universitarios.

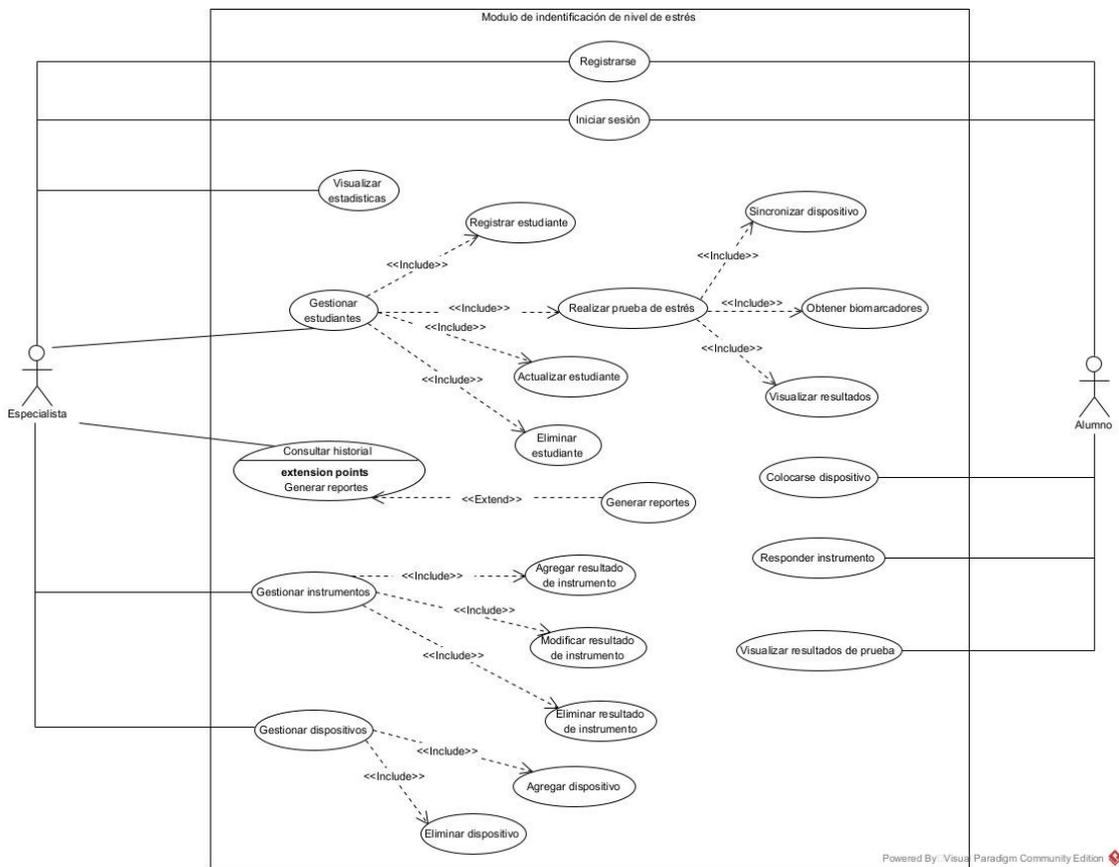


Figura 3.4 Caso de uso general para el módulo de identificación de estrés.

El módulo de identificación de nivel de estrés en estudiantes universitarios cuenta con dos tipos de usuarios, los cuales se registran e inician sesión para visualizar la información que les corresponde. En primer lugar, el usuario especialista se encarga de gestionar estudiantes, es decir, dar de alta en el sistema, modificar la información, asignar bajas, y realizar la prueba con el uso de la diadema de percepción cerebral para obtener el nivel de estrés que se presenta, asimismo visualiza el histórico de todas las pruebas que se realizaron, registra los resultados de un cuestionario que los estudiantes responden con fin de complementar su diagnóstico y finalmente, es posible sincronizar otro dispositivo vestible para realizar la prueba y generar reportes. En segundo lugar, el usuario estudiante, el cual usa la diadema para que el especialista inicie con la identificación de nivel de estrés, responde el instrumento para que los datos se almacenen y finalmente solo visualiza los resultados de su diagnóstico.

3.1.7 Cronograma de actividades

El uso de un cronograma de actividades es crucial pues permite planificar y organizar las tareas necesarias para completar el trabajo de tesis en el tiempo estipulado. Además, el cronograma ayuda a identificar los hitos importantes y las dependencias entre las actividades, lo que permite mejor gestión y mayor capacidad de respuesta ante posibles desviaciones o retrasos.

Las actividades que se pretenden desarrollar para alcanzar los objetivos del trabajo de tesis son las siguientes, posteriormente en la Tabla 3.5 se visualiza el cronograma de estas actividades de manera gráfica.

Lista de actividades para el desarrollo del trabajo de tesis

1. Estudiar y analizar el estado de la práctica en los diferentes contextos de la detección de estrés mediante de técnicas de inteligencia artificial.
2. Analizar las tecnologías más óptimas para el desarrollo del módulo de software.
3. Identificar las variables fisiológicas, biomédicas relacionadas a la identificación de estrés obtenidas por dispositivos vestibles.
4. Identificar las técnicas o métodos relacionados a la identificación y seguimiento de estrés.
5. Entrenar los algoritmos de aprendizaje máquina para la clasificación de estrés.
6. Diseñar el conjunto de interfaces gráficas del módulo a desarrollar.
7. Desarrollar un componente de software que permita el almacenamiento de datos mediante el uso de los dispositivos vestibles.
8. Integrar los componentes desarrollados en un módulo.
9. Evaluar el módulo desarrollado mediante un caso de estudio.

Tabla 3.5 Cronograma de actividades.

No. De Actividad	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
1	■												
2		■											
3			■										
4				■									
5					■	■							
6						■							
7							■	■	■				
8										■	■	■	
9												■	■

3.2 Diseño

La fase de diseño es crucial ya que se realiza el diseño de toda la base del proyecto de una manera clara para mostrar una idea de la funcionalidad. Durante esta fase, se consideran los requisitos del software, los objetivos y la planificación de cómo se llevó a cabo el desarrollo. Además, el diseño del software también abordó la arquitectura del módulo, la interfaz de usuario y otros aspectos críticos del software.

Una fase de diseño sólida permite ahorrar tiempo, reducir costos y garantizar que el software se ajuste a los requisitos y cumpla con los estándares de calidad.

3.2.1 Diagramación del funcionamiento del módulo

La diagramación es un proceso que implicó crear representaciones visuales de la interacción de los componentes del sistema. Estos diagramas se crearon con herramientas específicas y su importancia radicó en proporcionar una comprensión clara y detallada del software, además ayudó a identificar problemas potenciales en áreas de complejidad excesiva o puntos de cuello de botella lo que permitió garantizar que el software es integrable y que cumple con los requisitos del usuario.

3.2.1.1 Diagrama de actividades

Los diagramas de actividad son una herramienta de modelado que se utilizaron para representar gráficamente el flujo de actividades y acciones que ocurren dentro de un proceso o función del sistema, permitieron visualizar de manera clara y concisa cómo se realizan ciertas

tareas dentro del software, lo que ayudó con la identificación de posibles problemas y a optimizar el rendimiento del sistema.

Los diagramas de actividad son útiles para entender cómo se manejan los casos de uso y cómo se llevan a cabo las tareas en el sistema. A continuación, en la Figura 3.5 se muestra el diagrama de actividades general que corresponde al módulo de identificación de estrés en estudiantes universitarios.

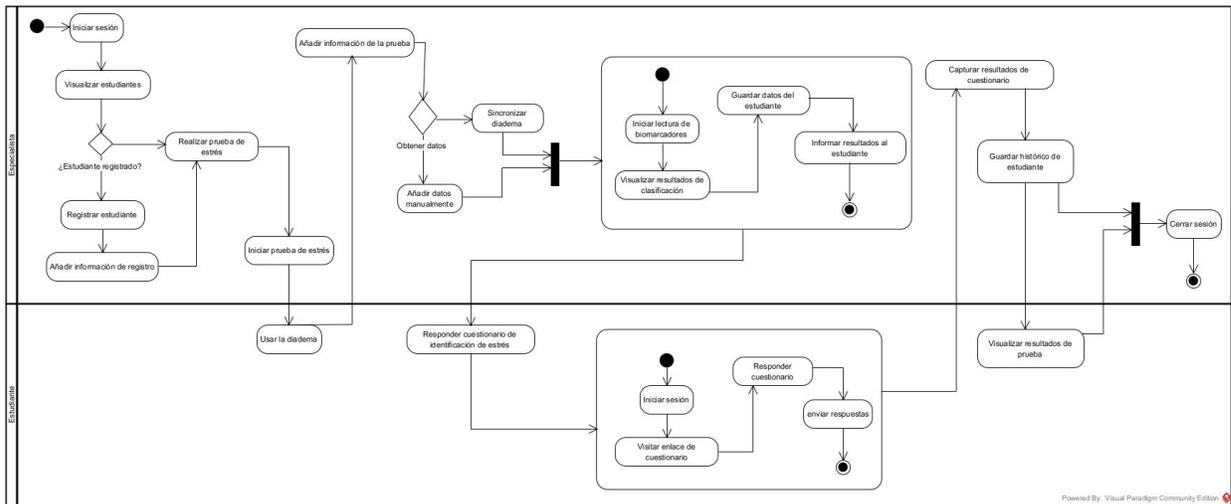


Figura 3.5 Diagrama de actividades general para el módulo de identificación de estrés.

El flujo de actividades principales en el módulo de identificación de estrés es el siguiente:

- 1) Inicia en el momento que un usuario de tipo especialista inicia sesión en su cuenta de usuario, visualiza las estadísticas correspondientes a los usuarios que se registraron con anterioridad y si desea realizar una nueva prueba de identificación de nivel de estrés, selecciona a un estudiante existente o bien, registra a uno nuevo, posteriormente se inicia la prueba.
- 2) El usuario estudiante se coloca la diadema de percepción cerebral, se registran los datos de la prueba y se procede a obtener los datos y existen dos formas para eso: 1) sincronizar la diadema al módulo para realizar ese proceso automáticamente, 2) llenar el formulario de datos manualmente.

- 3) Posteriormente se inicia una sub actividad que corresponde específicamente a la clasificación de nivel de estrés, es decir, se inicia la lectura de los biomarcadores del estudiante que se colocó la diadema.
- 4) Se visualizan y guardan los resultados, y finalmente se informa al estudiante de los mismos.

Siguiendo el flujo de actividades, una vez que se informa al estudiante sobre su prueba de estrés, se solicita que responda un cuestionario el cual sirve como complemento para el diagnóstico final, entonces el usuario estudiante inicia sesión, visita el enlace al cuestionario, lo responde y envía las respuestas para que se registren. El usuario especialista se encarga de registrar las respuestas y guardar finalmente el historial del estudiante, posteriormente el usuario estudiante visualiza sus resultados de prueba y ambos usuarios terminan el flujo de actividades al momento de cerrar sesión.

3.2.1.2 Diagrama de base de datos

Los diagramas relacionales son una representación visual de las relaciones entre las entidades de una base de datos, muestran cómo las tablas de la base de datos están relacionadas entre sí mediante claves primarias foráneas. Los diagramas relacionales ayudaron a comprender mejor la estructura de la base de datos e identificar posibles problemas de diseño, asimismo, permitió optimizar el rendimiento de las consultas. A continuación, en la Figura 3.6 se muestra el diagrama relacional de base de datos que corresponde al módulo de identificación de estrés en estudiantes universitarios.

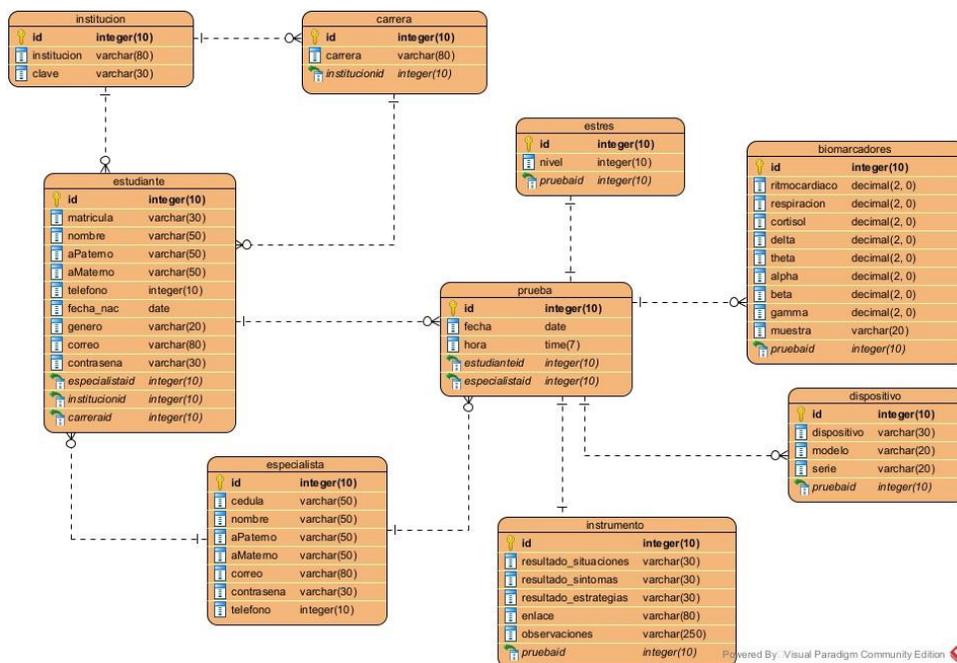


Figura 3.6 Diagrama relacional de base de datos para el módulo de identificación de estrés.

El diagrama relacional para el módulo de identificación de estrés académico consta actualmente de nueve entidades, las cuales son:

- **Institución:** Tabla que almacena los datos de la institución a la que pertenece el estudiante.
- **Carrera:** Tabla que almacena el nombre del programa de estudio al que pertenece el estudiante.
- **Estudiante:** Tabla que almacena datos como matricula, nombre, apellidos, genero, fecha de nacimiento, entre otros, que corresponden al estudiante que se realizó las pruebas.
- **Especialista:** Tabla que almacena datos como cédula, nombre, apellidos, correo, entre otros del especialista que lleva a cabo la realización de las pruebas a los estudiantes.
- **Prueba:** Tabla que almacena los datos generales de la prueba, es decir, la fecha y hora, datos del dispositivo y del estudiante.
- **Estrés:** Tabla que almacena el resultado de la prueba, es decir el nivel de estrés en el estudiante que arrojó la prueba.

- **Biomarcadores:** Tabla que almacena los valores correspondientes a los biomarcadores que se utilizaron para ejecutar la prueba.
- **Instrumento:** Tabla que almacena los resultados del cuestionario que completo el estudiante al final de la prueba.
- **Dispositivo:** Tabla que almacena la información sobre los dispositivos que se sincronizan con el módulo de identificación de estrés.

3.2.1.3 Diccionario de datos

La relevancia del diccionario de datos radicó en su valor como una herramienta fundamental en la gestión de la información, además es un recurso que proporciona una descripción clara y detallada de todos los elementos de datos se utilizan en el sistema e incluye la definición, estructura, relaciones y reglas de negocio asociadas.

Además, el diccionario de datos facilitó el diseño, desarrollo y mantenimiento de la base de datos y proporcionó una guía para definir la estructura de la base de datos, las restricciones de integridad, las relaciones entre las tablas y otros elementos esenciales. A continuación, se muestra el diccionario de datos que corresponde a este trabajo de tesis.

- **Entidad especialista:** se muestra en la Tabla 3.6 y consta de 10 atributos.

Tabla 3.6 Diccionario de entidad Especialista

	COLUMNA	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
PK	id	int	Identificador de registro
	cedula	varchar(30)	Cédula
	nombre	varchar(50)	Nombre completo
	aPaterno	varchar(50)	Apellido paterno
	aMaterno	varchar(50)	Apellido materno
	telefono	integer(10)	Teléfono
	fecha_nac	date	Fecha de nacimiento
	genero	varchar(20)	Genero
	correo	varchar(80)	E-mail de acceso
	contrasena	varchar(30)	Contraseña de acceso

- **Entidad institución:** se muestra en la Tabla 3.7 y consta únicamente de 3 atributos.

Tabla 3.7 Diccionario de entidad Institución

	COLUMNA	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
PK	id	int	Identificador de registro
	institucion	varchar(80)	Nombre de la institución
	clave	varchar(30)	Clave de la institución

- **Entidad carrera:** se muestra en la Tabla 3.8 y consta únicamente de 3 atributos.

Tabla 3.8 Diccionario de entidad Carrera

	COLUMNA	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
PK	id	int	Identificador de registro
	carrera	varchar(80)	Nombre de la carrera
FK	institucionid	int	Clave foránea del identificador de la institución

- **Entidad estudiante:** se muestra en la Tabla 3.9 y consta de 11 atributos.

Tabla 3.9 Diccionario de entidad Estudiante

	COLUMNA	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
PK	id	int	Identificador de registro
	matricula	varchar(30)	Matrícula de estudiante
	nombre	varchar(50)	Nombre del estudiante
	aPaterno	varchar(50)	Apellido paterno
	aMaterno	varchar(50)	Apellido Materno
	telefono	integer(10)	Telefono
	fecha_nac	date	Fecha de nacimiento
	genero	varchar(20)	Genero del estudiante
	correo	varchar(80)	E-mail de acceso
	contrasena	varchar(30)	Contraseña de acceso
FK	carreraid	int	Clave foránea del identificador de la carrera

- **Entidad prueba:** se muestra en la Tabla 3.10 y consta de 5 atributos.

Tabla 3.10 Diccionario de entidad Prueba

	COLUMNA	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
PK	id	int	Identificador de registro
	fecha	date	Fecha de la prueba
	hora	time	Hora de la prueba
FK	estudianteid	int	Clave foránea del identificador del estudiante
FK	especialistaid	int	Clave foránea del identificador del especialista

- **Entidad estrés:** se muestra en la Tabla 3.11 y consta únicamente de 3 atributos.

Tabla 3.11 Diccionario de entidad Estrés

	COLUMNA	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
PK	id	int	Identificador de registro
	nivel	int	Nivel de estrés
FK	pruebaid	int	Clave foránea del identificador de la prueba

- **Entidad instrumento:** se muestra en la Tabla 3.12 y consta de 4 atributos.

Tabla 3.12 Diccionario de entidad Instrumento

	COLUMNA	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
PK	id	int	Identificador de registro
	resultado	varchar(30)	Resultado del instrumento
	observaciones	varchar(250)	Observaciones del instrumento
FK	pruebaid	int	Clave foránea del identificador de la prueba

- **Entidad biomarcadores:** se muestra en la Tabla 3.13 y consta de 11 atributos.

Tabla 3.13 Diccionario de entidad Biomarcadores

	COLUMNA	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
PK	Id	int	Identificador de registro
	ritmocardiaco	decimal(3,5)	Valor de ritmo cardíaco
	respiracion	decimal(3,5)	Valor de Respiración
	cortisol	decimal(3,5)	Valor de cortisol
	delta	decimal(3,5)	Valor de delta
	theta	decimal(3,5)	Valor de theta
	alpha	decimal(3,5)	Valor de alpha
	beta	decimal(3,5)	Valor de beta
	gamma	decimal(3,5)	Valor de gamma
	muestra	varchar(20)	Muestra
FK	pruebaid	int	Clave foránea del identificador de la prueba

- **Entidad dispositivo:** se muestra en la Tabla 3.14 y consta de 4 atributos.

Tabla 3.14 Diccionario de entidad Dispositivo

	COLUMNA	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
PK	id	int	Identificador de registro
	dispositivo	varchar(30)	Nombre de dispositivo
	modelo	varchar(20)	Modelo de dispositivo
	serie	varchar(20)	Serie de dispositivo

- **Entidad prueba-dispositivo:** se muestra en la Tabla 3.15 y consta únicamente de 3 atributos.

Tabla 3.15 Diccionario de entidad Prueba-dispositivo

	COLUMNA	TIPO DE DATO	DESCRIPCION
PK	id	int	Identificador de registro
FK	pruebaid	int	Clave foránea del identificador de la prueba
FK	dispositivoid	int	Clave foránea del identificador del dispositivo

3.2.2 Arquitectura del módulo

La arquitectura de un sistema es la representación de las relaciones existentes entre los componentes que lo conforman, tener una arquitectura clara es de suma importancia debido a que tiene un papel primordial para orientar el desarrollo y satisfacer los atributos de calidad del sistema, por ello, se realizó una arquitectura para el módulo propuesto que de cuatro capas y en cada una de ellos elementos fundamentales que permiten la interacción entre los datos como se visualiza en la Figura 3.7.

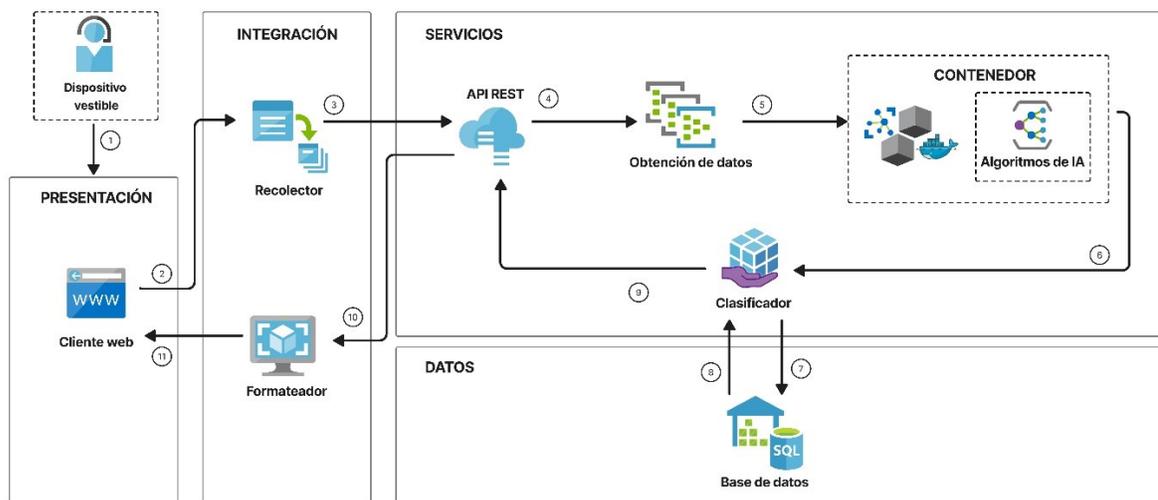


Figura 3.7 Arquitectura del módulo de identificación de estrés.

El módulo para identificación de nivel de estrés en estudiantes universitarios, cuenta con un diseño arquitectónico en capas para que el proceso de desarrollo sea más eficiente al tener mayor flexibilidad y una adaptación más fácil a los cambios en los requisitos, ya que cada capa se desarrolla, prueba y mantiene de forma independiente.

El módulo de identificación de estrés académico utiliza valores que se obtienen de los biomarcadores que proporciona el dispositivo vestible, para realizar todo el proceso de la identificación del nivel de estrés a través de algoritmos de aprendizaje supervisado que se entrenaron previamente con base en conjuntos de datos, para obtener resultados más eficientes, mismos que se almacenan en un repositorio de datos con el detalle de la prueba y el estudiante

al que pertenece dicha prueba. A continuación, se describen detalladamente cada una de las capas y los elementos de esta arquitectura:

3.2.2.1 Capa de presentación

La capa de presentación se refiere a la parte del módulo que se encarga de la interacción con el usuario final, es la capa que presenta la información de una manera comprensible y atractiva para el usuario, además permite interactuar con el software manera intuitiva.

- **Aplicaciones web:** Interfaz gráfica del sistema con la que interactúa el usuario final, es decir el especialista de salud mental y el estudiante que se realiza la prueba.
- **Dispositivo vestible:** Diadema de percepción cerebral que se coloca el estudiante universitario con el fin de extraer los datos correspondientes a los biomarcadores que se utilizan para realizar la prueba. Es el proceso de recuperación de información, que se realiza para procesar los datos.

3.2.2.2 Capa de integración

La capa de integración se refiere a la parte del sistema que se encarga de coordinar la interacción entre las diferentes capas del software y de integrar los componentes individuales en una aplicación funcional, es esencial para garantizar que las diferentes partes del software se comuniquen correctamente y funcionen juntas de manera efectiva.

- **Recolector:** Elemento que se encarga de ingresar los datos correspondientes a los biomarcadores que se extraen del dispositivo en la capa anterior, para con ello, llevar a cabo la clasificación de estrés.
- **Formateador:** Elemento que se encarga de tabular el resultado de la clasificación de estrés de manera gráfica para presentar al usuario final los resultados.

3.2.2.3 Capa de servicios

La capa de servicios se encarga de proporcionar servicios y funcionalidades específicas que se utilizan en las capas superiores del módulo, es decir, actúa como una interfaz entre la capa de integración y la capa de datos, además proporciona una forma estándar de acceder a las funcionalidades del software.

- **Clasificador de nivel de estrés:** Se muestra la correlación entre todas las variables de acuerdo al valor de los biomarcadores y la información resultante establece a que grupo de clasificación corresponde, también almacena el resultado de clasificación del nivel de estrés, el cual corresponde al estudiante que se realiza la prueba.
- **Algoritmos de IA:** Se refieren a un procedimiento de agrupación de una serie de valores de acuerdo a un criterio, generalmente de similitud. Ocupa el conjunto de datos que se entrenó previamente para aprender a realizar la clasificación, y posteriormente estos se convirtieron en servicios que se consumen para clasificar los datos de la prueba nueva de identificación de estrés en alguno de los grupos.

3.2.2.4 Capa de datos

La capa de datos se encarga del almacenamiento, acceso y gestión de la información que se utiliza en el módulo, es responsable de garantizar la integridad y la seguridad de los datos, y de proporcionar una interfaz para que las capas superiores del software accedan a ellos de manera eficiente y coherente.

- **Base de datos:** Repositorio de datos que contiene la información de los biomarcadores correspondientes al usuario y las pruebas que se realizan, se almacena en un sistema gestor para realizar las consultas adecuadas posteriormente según sea el caso.

La arquitectura del módulo empieza cuando el usuario se coloca el dispositivo vestible, el cual es una diadema de percepción cerebral que permite extraer información sobre la actividad cerebral, frecuencia cardíaca, movimientos corporales y respiración, después esa información tiene que concentrarse en un recolector de información y con ayuda de algoritmos de clasificación de Inteligencia Artificial se encuentre la correlación ideal en los valores que permita identificar el nivel de estrés que presenta el usuario, posteriormente se almacenan la información del estudiante que realiza la prueba y los valores de los biomarcadores que se obtuvieron al colocarse la diadema en una base de datos. Finalmente, los resultados se regresan al usuario mediante un formateador que tabula los datos de manera gráfica, además estos resultados se consultan en cualquier momento, mediante el uso del módulo web para identificar los niveles de estrés en los estudiantes universitarios.

3.2.3 Metodología del modelo

En la presente sección, se describe la metodología que se utiliza para lograr la clasificación eficiente de los niveles de estrés en los estudiantes universitarios, la cual consta de seis etapas para evaluar el desempeño de los algoritmos de aprendizaje automático en el conjunto de datos que contienen los biomarcadores relacionados con el estrés.

Las etapas de la metodología son: (1) Carga del conjunto de datos, (2) Pre procesamiento de datos, (3) Selección de atributos, (4) Ejecución de modelos de aprendizaje automático, (5) Métricas de evaluación, y (6) Resultados de rendimiento, como se visualizan en la Figura 3.8.

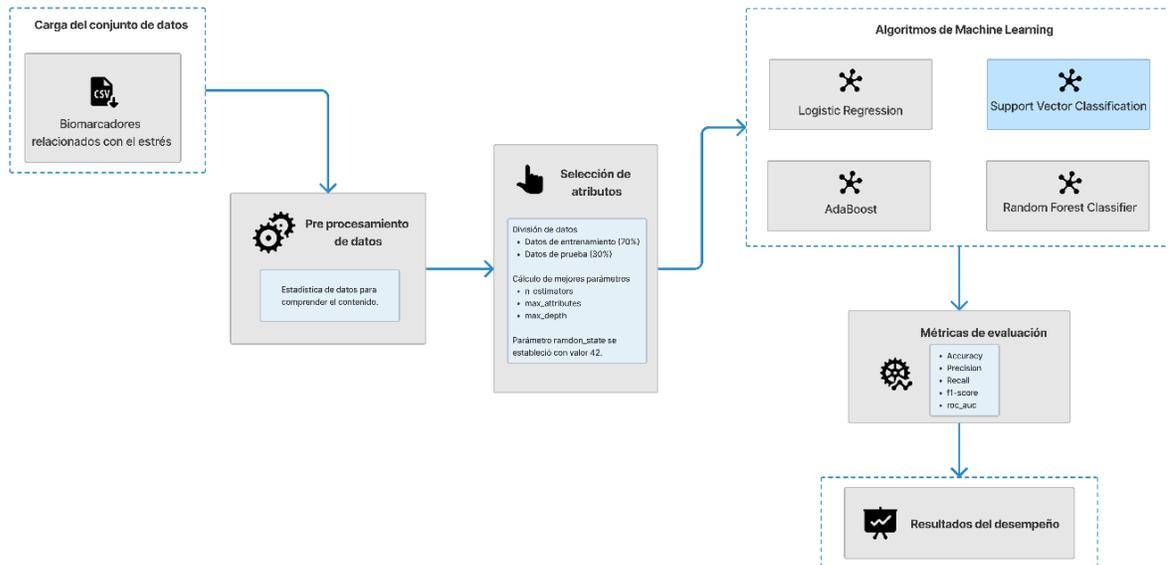


Figura 3.8 Metodología del modelo de clasificación.

Cada una de las etapas se describe de la siguiente manera:

1) Carga del conjunto de datos: Se realiza la selección y carga del conjunto de datos, el cual se encuentra en archivo csv y contiene registros de los biomarcadores para identificar estrés en los estudiantes.

2) Pre procesamiento de datos: Se revisan los datos del conjunto para comprender su contenido, es decir, la estadística de datos, posteriormente, se realiza la selección de la variable de clasificación para obtener los mejores resultados.

3) Selección de atributos: Se dividen los datos del conjunto para entrenamiento y prueba (70% para entrenamiento y 30% para prueba), así mismo se calculan los mejores parámetros de RandomizedSearchCV para `n_estimators`, `max_attributes`, and `max_depth`.

4) Ejecución de modelos de aprendizaje automático: Se aplican cuatro clasificadores de aprendizaje automático, los cuales son Logistic Regression, Support Vector Classification, AdaBoost y Random Forest Classifier, para identificar a los estudiantes universitarios que padecen niveles de estrés bajo y alto.

5) Métricas de evaluación: Se analiza el rendimiento de la clasificación que realizan los cuatro algoritmos de aprendizaje automático con respecto a cinco criterios: Accuracy, Precision, Recall, F1-score, y área bajo la curva (ROC-AUC).

6) Resultados de desempeño: Se obtienen y comparan los valores resultantes de los 4 algoritmos, se registran las métricas para posteriormente realizar un análisis, se selecciona el clasificador que brinda mayor rendimiento.

3.2.4 Diseño de interfaces de usuario

El objetivo principal de realizar el diseño de los mockups es identificar los elementos del módulo para la identificación de estrés académico en estudiantes universitarios, así como brindar una visión clara de las interfaces de usuario, cada mockup se representa con elementos como botones, formularios, texto, gráficas, entre otros y se realizaron en la herramienta Balsamiq, la cual se usa comúnmente para realizar prototipos de proyectos [60].

En la Figura 3.9 se muestra la página de registro con un formulario para agregar un nuevo administrador, y la Figura 3.10 se muestra la página para iniciar sesión con las credenciales correctas, es importante aclarar que el módulo se enfocó a especialistas de salud para que monitoreen la condición de los estudiantes en una institución de nivel superior.



Figura 3.9 Registro de usuario



Figura 3.10 Inicio de sesión

Posteriormente en la figura 3.11 se muestra la página inicial al acceder al panel de monitoreo de estrés, esta página muestra la estadística de los estudiantes que se registraron y el diagnóstico de estrés mediante distintas gráficas, se pretende mostrar el total de los estudiantes, el nivel de estrés que presentan y los estresores académicos que lo genera, estadísticas de los estudiantes por género y edad.

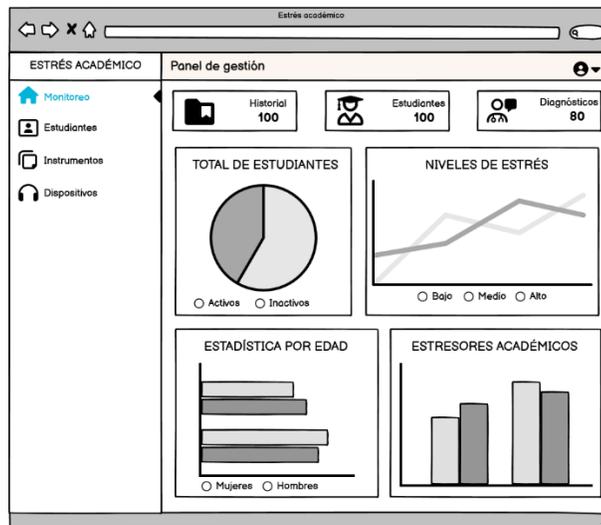


Figura 3.11 Página principal del módulo.

El maquetado de la Figura 3.12 muestra la opción de “estudiantes”, la cual tiene como función listar en una tabla todos los estudiantes que se registraron en el sistema y mostrar un detalle de cada estudiante, también permite registrar un nuevo estudiante, mediante un botón y el formulario correspondiente.

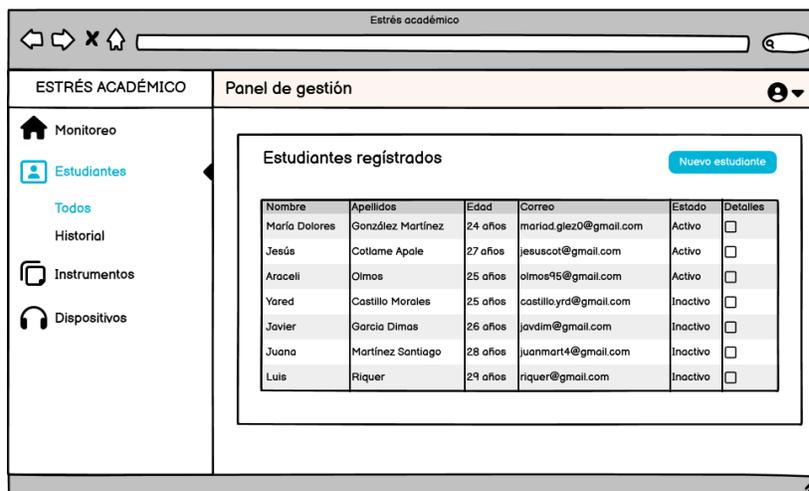


Figura 3.12 Estudiantes que se registraron en el módulo.

La Figura 3.13 muestra la opción de “historial”, de la cual el objetivo es mostrar el histórico de pruebas correspondiente a un estudiante, mediante la búsqueda a través de

matrícula, nombre, o apellidos con el fin de llevar un control de los diferentes casos que se presentan en relación con el estrés académico.

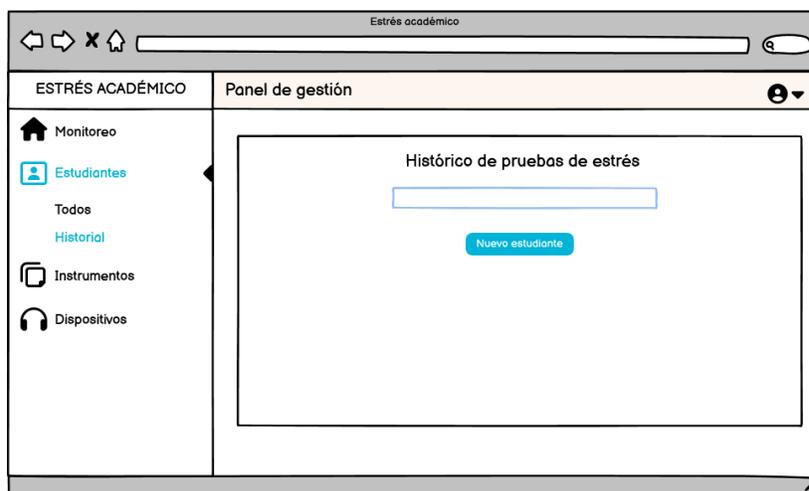


Figura 3.13 Búsqueda de historial de diagnósticos.

La Figura 3.14 muestra el detalle del estudiante que se buscó en la sección anterior a través de la matrícula, es decir, se muestra el historial de las pruebas que se realizaron, es posible acceder a la información general del estudiante, e iniciar una prueba nueva para la identificación de estrés.

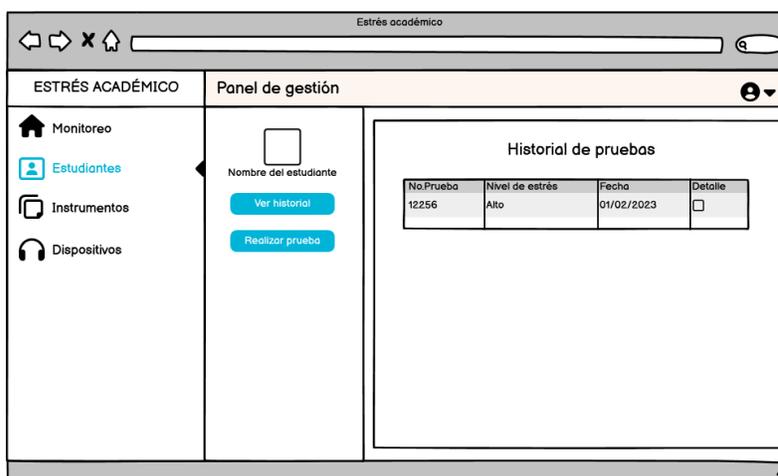


Figura 3.14 Historial de pruebas del estudiante.

La Figura 3.15 muestra el detalle de cada una de las pruebas de la sección anterior, este detalle contiene la información general de la prueba y los valores de cada uno de los biomarcadores que corresponden al estudiante que utilizó la diadema de percepción cerebral durante la prueba.

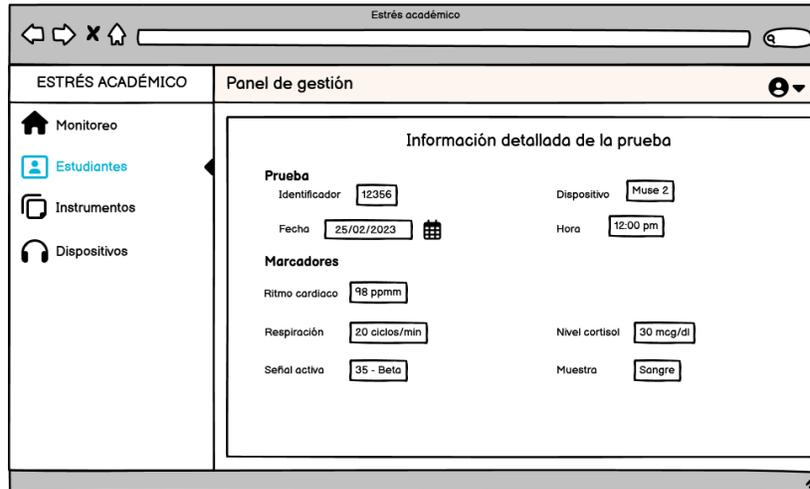


Figura 3.15 Detalle de biomarcadores correspondientes a una prueba de identificación de estrés.

El maquetado de la Figura 3.16 muestra la opción de “instrumentos” que se registraron en el módulo, es decir los formularios de identificación de estrés, para que los especialistas registren los resultados de los mismos y complementen el diagnóstico de los estudiantes.

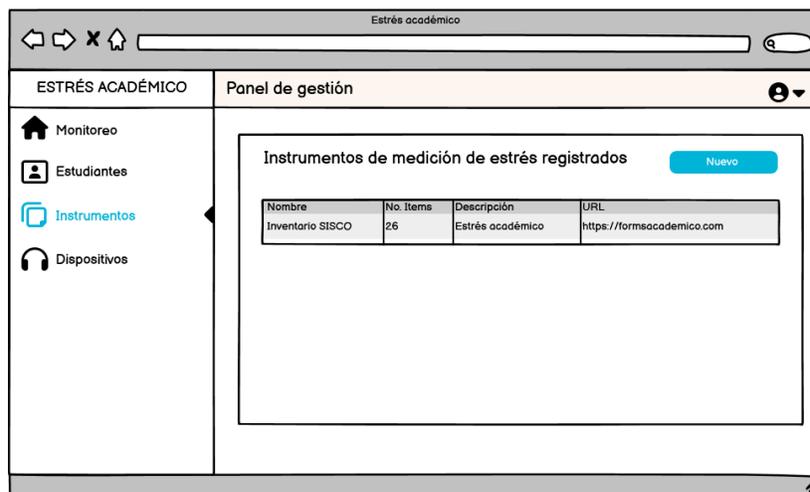


Figura 3.16 Instrumentos que se registraron en el módulo.

La Figura 3.17 muestra la opción de “dispositivos” y se refiere al registro de los dispositivos existentes para sincronización dentro del módulo de identificación de estrés.

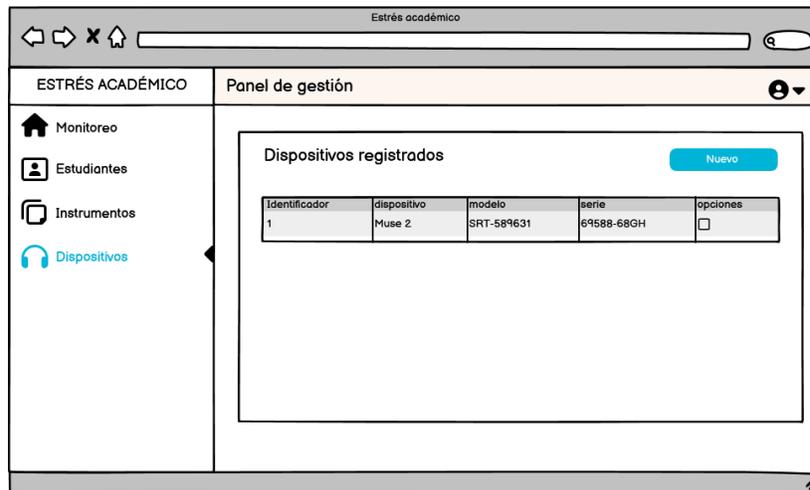


Figura 3.17 Instrumentos que se registraron en el módulo.

3.3 Codificación

La fase de codificación es importante en el desarrollo de software ya que es el momento en que se traducen los diseños en código ejecutable. Es el proceso en el que se crean y se escriben las líneas de código que permiten que el software funcione de acuerdo a las especificaciones y requisitos que se establecen.

Una buena codificación mejorar significativamente la calidad y el rendimiento del software, así como reduce los errores y las posibilidades de fallas en el producto final.

3.3.1 Módulo de identificación de nivel de estrés académico

El desarrollo del módulo de software para identificar estrés se desarrolló con el framework Laravel en la versión 10, en la Figura 3.18 se visualiza el formulario correspondiente para iniciar sesión.

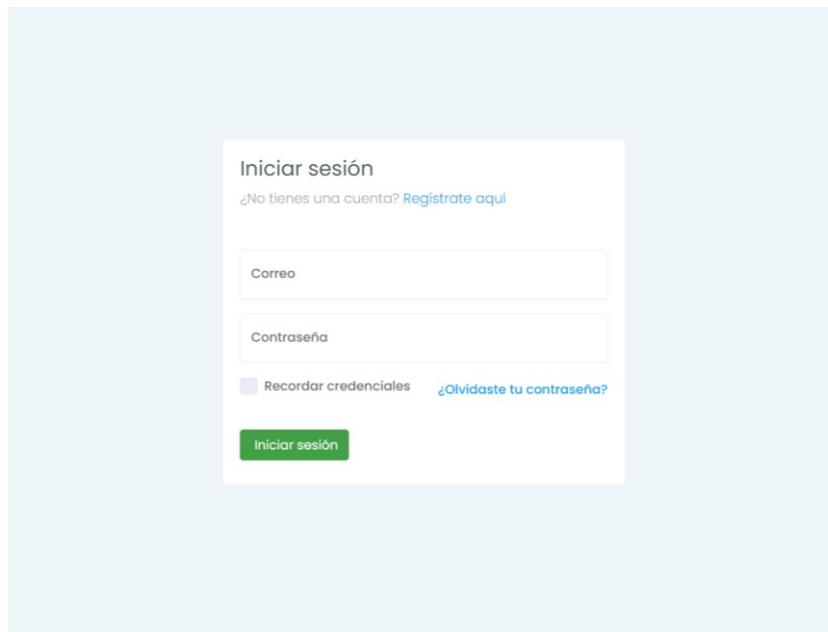


Figura 3.18 Formulario de Inicio de sesión.

En las Figuras 3.19 se muestra la página al iniciar la sesión, aquí se visualiza las estadísticas generales de todo el módulo de monitoreo.



Figura 3.19 Página principal del panel de monitoreo de estrés.

En la figura 3.20 se muestra el formulario para realizar el registro de un nuevo estudiante, es necesario registrar estudiantes para posteriormente realizar el diagnóstico correspondiente a la identificación del nivel de estrés.

The image shows a web application interface for student registration. A modal window titled "Nuevo estudiante" is open, containing the following fields: Matricula, Nombre, Apellido Paterno, Apellido Materno, Carrera, Fecha (dd/mm/aaaa), Correo electrónico, and Teléfono. Below the fields is a "Cargar imagen" button with a file selection interface showing "Sin archivos seleccionados". At the bottom of the modal are "Guardar" and "Cancelar" buttons. The background shows a dashboard with "Estudiantes registrados: 6" and "Pruebas realizadas: 24".

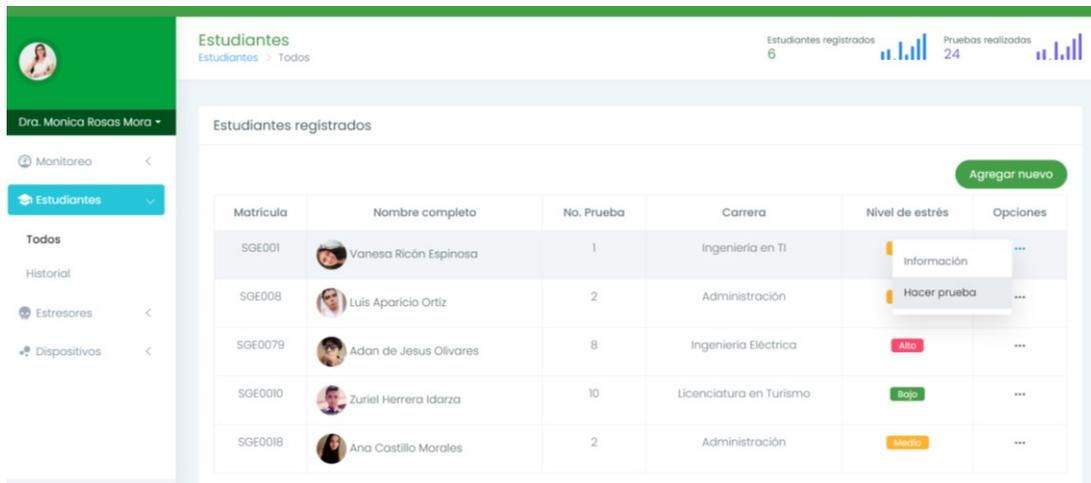
Figura 3.20 Formulario para registrar un nuevo estudiante.

La Figura 3.21 corresponde a la visualización de la información del estudiante detalladamente, en esta sección se revisan los valores de los biomarcadores correspondiente al usuario y se realizan los diagnósticos de estrés tomando en cuenta esa información.

The image shows a web application interface for academic stress monitoring. The page is titled "Monitoreo de estrés académico" and displays "Información detallada de la prueba de estrés" for a student. The test details include: Prueba (PE0007), Dispositivo (Muse 2), Fecha (15/01/2023), and Hora (14:30 PM). The biomarkers section shows: Ritmo cardíaca (97 ppm), Respiración (20 ciclos/min), Señal activa (35 - Beta), Nivel de cortisol (30 mcg/dl), and Tipo de muestra (Sangre). The background shows a dashboard with "Estudiantes registrados: 6" and "Pruebas realizadas: 24".

Figura 3.21 Detalle de la información correspondiente a la prueba de un estudiante universitario.

En la Figura 3.22 se visualiza el historial de los estudiantes que se registraron y es posible consultar el detalle de cada estudiante y realizar una nueva prueba.



Matricula	Nombre completo	No. Prueba	Carrera	Nivel de estrés	Opciones
SGE001	Vanesa Ricón Espinosa	1	Ingeniería en TI		Información Hacer prueba
SGE008	Luis Aparicio Ortiz	2	Administración		...
SGE0079	Adan de Jesus Olivares	8	Ingeniería Eléctrica	Alto	...
SGE0010	Zuriel Herrera Idarza	10	Licenciatura en Turismo	Bajo	...
SGE0018	Ana Castillo Morales	2	Administración	Medio	...

Figura 3.22 Estudiantes que se registraron en el módulo.

Además de visualizar el detalle de los estudiantes desde la tabla que contienen todos los registros, es posible que el especialista busque a un estudiante en específico con su matrícula, nombre o apellidos, mediante la sección de registro histórico de pruebas, como se visualiza en la Figura 3.23.



Monitoreo de estrés académico
Estudiante > Historial

Estudiantes registrados: 6 | Pruebas realizadas: 24

Registro histórico de pruebas de estrés

Buscar

Buscar

Figura 3.23 Sección de búsqueda de un estudiante en específico.

En el módulo también se realiza la vinculación con un nuevo dispositivo vestible, para ello, dentro del módulo de identificación de estrés se encuentra una sección que muestra todos los dispositivos y permite agregar un nuevo dispositivo, como se observa en la Figura 3.24.

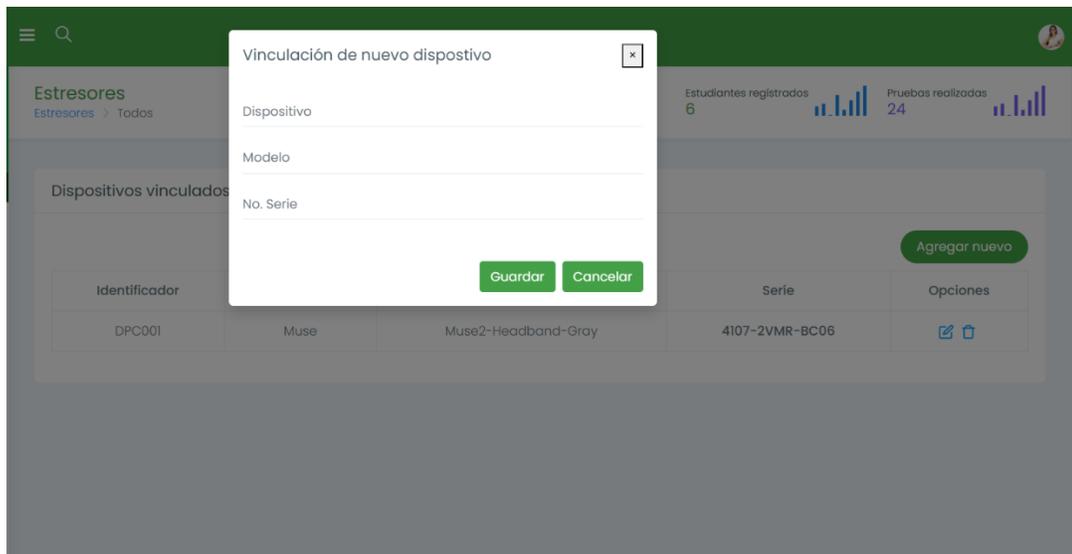


Figura 3.24 Agregar un nuevo dispositivo vestible al módulo.

Además, como complemento al módulo se agregó un instrumento de identificación de estrés académico, que consiste en un cuestionario que el estudiante responde con el objetivo de enriquecer el diagnóstico del especialista. En la figura 3.25 se visualizan los instrumentos que se registran en el módulo.

Instrumentos de identificación de estrés registrados			
Identificador	Items	Descripción	Opciones
EA001	26	Cuando los estudiantes tienen lapsos de tiempo reducidos	

Figura 3.25 Lista de los instrumentos que se registraron al módulo.

3.3.2 Validación de valores para los niveles de estrés

Se consideró importante la validación de los valores correspondientes a los biomarcadores que se utilizan en este trabajo de tesis, ya que de esa forma se asegura que los datos son correctos, limpios y útiles para lograr la clasificación del nivel de estrés, por ello,

después de realizar el análisis de los biomarcadores dentro de la literatura, se consultaron los valores estimados con un especialista de salud. En la Tabla 3.16 se muestran la estimación de rangos de cada biomarcador para los niveles de estrés que se presentan en los estudiantes.

Tabla 3.16 Validación de valores para los biomarcadores.

BIOMARCADORES	NIVEL DE ESTRÉS						VALOR DEVUELTO
	BAJO (0 - 25%)		MEDIO (26 - 79%)		ALTO (80-100%)		
	RANGO	CONDICIÓN	RANGO	CONDICIÓN	RANGO	CONDICIÓN	
Ritmo cardíaco	64 a 72	Normal, si es inferior es bradicardia	74 - 96	Ligeramente tensa	Mayor a 100	Taquicardia/Infarto	Latidos por minuto (bpm)
Frecuencia respiratoria	12 - 18	Normal, si es inferior es bradipnea	18 - 24	Ligeramente elevada	Mayor a 25	Taquipnea/Hiperventilación	Ciclos por minuto
Señales electroencefalograficas	Delta	2 - 4	-	-	-	-	hz
	Tetha	5 - 8	-	-	-	-	hz
	Alpha	8 -14	-	-	-	-	hz
	Beta		-	14 - 35	-	-	hz
	Gamma		-	-	-	35 - 100	hz
Cortisol	4 - 25	-	26 - 49	-	> 50	-	mcg/dL

Los niveles de estrés que se consideran son: nivel normal, el cual corresponde a las situaciones que los estudiantes enfrentan día con día y se presenta por periodos de tiempo muy cortos, por lo tanto, los niveles de estrés en los que se enfoca este trabajo de tesis principalmente son nivel medio, el cual corresponde a una alteración minúscula pero duradera con respecto al tiempo y nivel alto, en el cual se detecta mayor alteración.

3.3.3.1 Reglas para nivel bajo de estrés

El estrés prolongado tiene efectos perjudiciales para la salud física y mental de los estudiantes, aunque tener un nivel de estrés bajo no es motivo de alerta, es importante que se identifique para tomar las medidas necesarias de controlarlo, para ello se establecieron ciertas reglas que identifican los patrones comunes en los valores de los biomarcadores asociados al estrés en nivel bajo. A continuación, se muestran en la Figura 3.26 las reglas que se generaron de acuerdo a los valores de los biomarcadores para identificar estrés bajo en estudiantes universitarios.

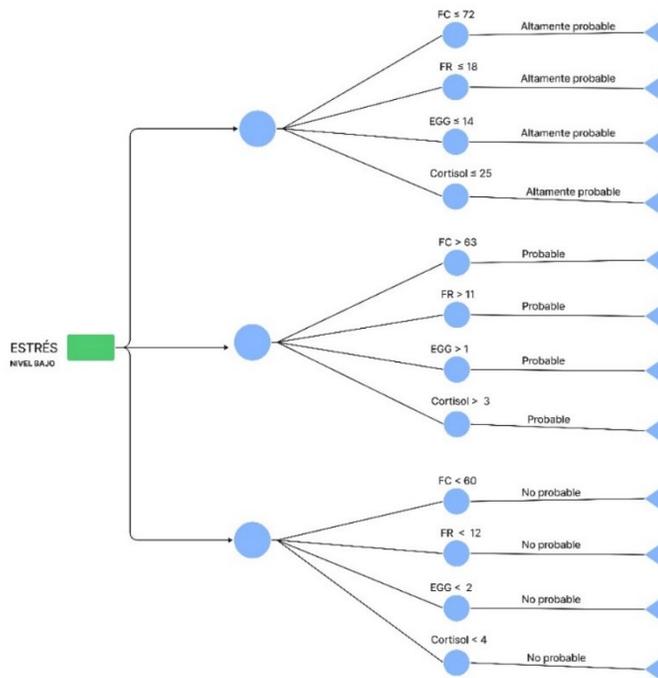


Figura 3.26 Reglas asociadas a la identificación de estrés bajo.

3.3.3.2 Reglas para nivel medio de estrés

Así como se generaron reglas para identificar estrés en nivel bajo, establecer reglas para identificar estrés en nivel medio, es importante pues ya se trata de alteraciones que dan lugar a episodios de estrés mucho más recurrentes que provocan efectos perjudiciales en la salud de los estudiantes. A continuación, se muestran en la Figura 3.27 las reglas para identificar estrés medio en estudiantes universitarios.



Figura 3.27 Reglas asociadas a la identificación de estrés bajo.

3.3.3.3 Reglas para nivel alto de estrés

Identificar nivel alto de estrés es prioridad, ya que tiene un impacto significativo en la salud física y mental de los estudiantes, pues en consecuencia de ello, es posible el desarrollo de enfermedades cardíacas, trastornos del sueño, ansiedad y depresión, por mencionar algunas. Por tan motivo al igual que se asociaron valores de los biomarcadores, para generar reglas de estrés bajo y medio, se realizó la asociación de estos valores para identificar estrés en nivel alto, tal y como se muestra en la Figura 3.28.



Figura 3.28 Reglas asociadas a la identificación de estrés bajo.

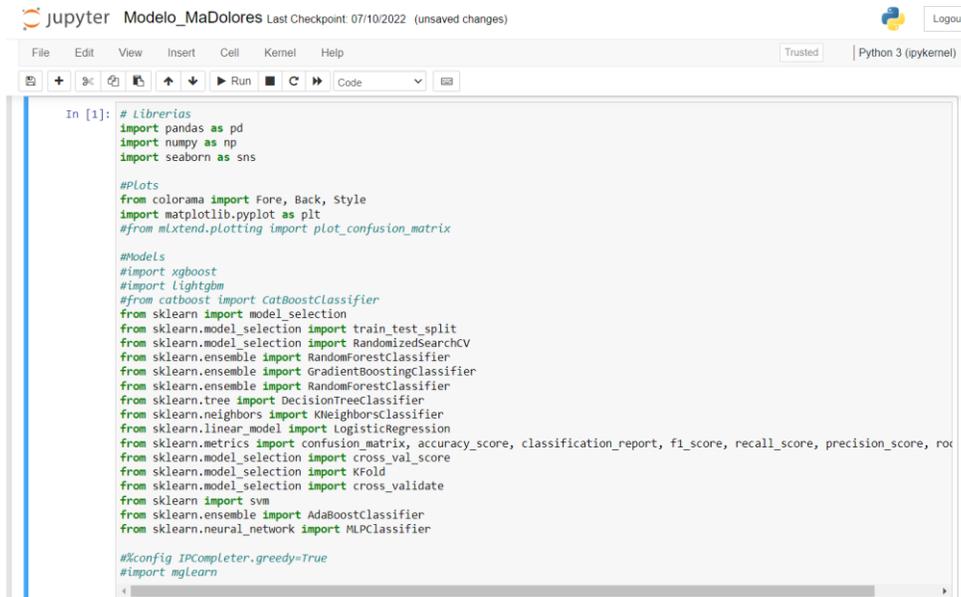
Al ser conscientes de los posibles niveles de estrés que se presentan en los estudiantes universitarios, es posible tomar medidas pertinentes que permitan manejarlo y reducirlo, lo que ayudaría en gran parte a mejorar la calidad de vida y bienestar general.

Además, la identificación temprana y la correcta gestión del estrés son esenciales para mantener una buena salud y bienestar emocional.

3.3.3 Modelo de clasificación

El entrenamiento y evaluación del modelo de clasificación que se utiliza en este trabajo de tesis, se realiza de acuerdo a la metodología que se expuso en la sección de diseño de este documento, es decir, sigue las seis etapas que ahí se mencionan, sin embargo, en esta sección solo se muestra parte de la estadística de datos y los resultados que se tienen hasta este punto del desarrollo.

En la Figura 3.29 se visualiza la lista de las bibliotecas que se necesitan para ejecutar el modelo de clasificación, Scikit Learn es la biblioteca sobresaliente de la lista.



```
In [1]: # Librerias
import pandas as pd
import numpy as np
import seaborn as sns

#Plots
from colorama import Fore, Back, Style
import matplotlib.pyplot as plt
#from mxtend.plotting import plot_confusion_matrix

#Models
#import xgboost
#import lightgbm
#from catboost import CatBoostClassifier
from sklearn import model_selection
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.model_selection import RandomizedSearchCV
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.ensemble import GradientBoostingClassifier
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.metrics import confusion_matrix, accuracy_score, classification_report, f1_score, recall_score, precision_score, roc_auc_score
from sklearn.model_selection import cross_val_score
from sklearn.model_selection import KFold
from sklearn.model_selection import cross_validate
from sklearn import svm
from sklearn.ensemble import AdaBoostClassifier
from sklearn.neural_network import MLPClassifier

#%config IPCompleter.greedy=True
#import mglearn
```

Figura 3.29 Carga de bibliotecas para la ejecución del modelo.

La Figura 3.30 corresponde a la carga del conjunto de datos que se utilizó para realizar el entrenamiento del modelo, el conjunto tuvo un total de 12,587 datos correspondientes a los biomarcadores, también se realizó la estadística de los datos para conocer el contenido.



```
In [3]: data = pd.read_csv('dataset22.csv')

In [4]: # data shape
data.shape

Out[4]: (12587, 11)

In [5]: # data types
data.dtypes

Out[5]:
gender      int64
age         int64
heartrate   int64
breathing    int64
cortisol    float64
delta       float64
theta       float64
alpha       float64
beta        float64
gamma       float64
stress      int64
dtype: object

In [6]: #total percentage of missing data
missing_data = data.isnull().sum()
total_percentage = (missing_data.sum()/data.shape[0]) * 100
print(f'The total percentage of missing data is {round(total_percentage,2)}%')

The total percentage of missing data is 0.0%
```

Figura 3.30 Carga del conjunto y estadística de datos.

A continuación, se muestran algunos de los resultados que se obtuvieron al realizar la estadística de datos y la ejecución del modelo de clasificación. En la Figura 3.31 se muestra el histograma de distribución de los siguientes datos: genero, edad, ritmo cardíaco, respiración, cortisol, señales cerebrales: delta, theta, alpha, beta, gamma y variable que define el nivel de estrés.

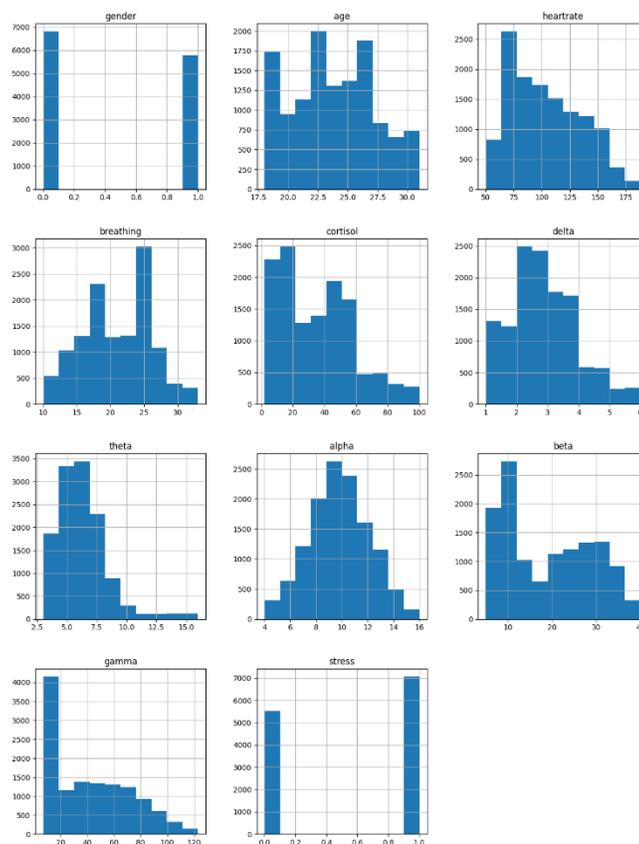


Figura 3.31 Histograma de distribución de datos.

El gráfico de la Figura 3.32 muestra el total de registros con nivel de estrés bajo y alto, se considera cero para estrés bajo y uno para estrés alto, así mismo en la Figura 3.33 se visualizan los niveles de estrés en relación al género de los estudiantes, los resultados que se obtuvieron, se representan de la siguiente forma:

- 69.14 % de estudiantes mujeres padecen estrés alto

- 30.86 % de estudiantes mujeres padecen estrés bajo
- 40.84 % de estudiantes hombres padecen estrés alto
- 59.16 % estudiantes hombres padecen estrés bajo

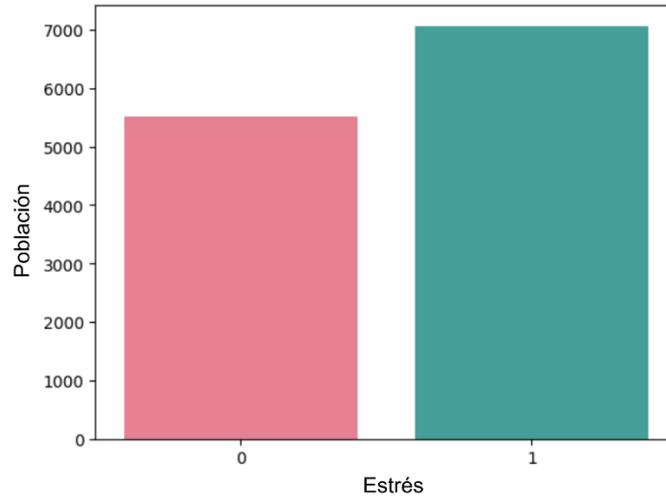


Figura 3.32 Total de estudiantes con estrés bajo y estrés alto.

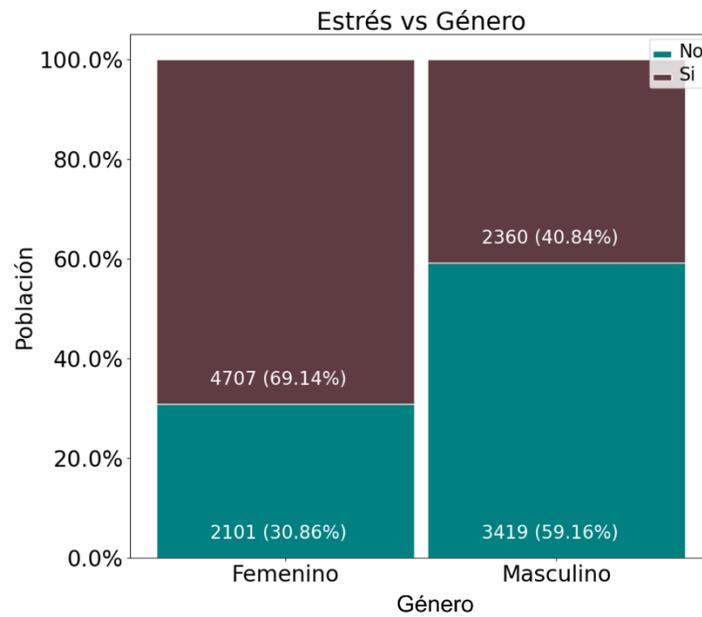


Figura 3.33 Estudiantes con estrés bajo y estrés alto según el género.

Después de la ejecución de los algoritmos, se seleccionaron los 3 que tuvieron mejor desempeño tanto al ejecutar los conjuntos de prueba y entrenamiento como en la validación cruzada, en la Tabla 3.17 se muestran los algoritmos con mejor desempeño en la ejecución.

Tabla 3.17 Algoritmos con mejor desempeño

Models Cross Validation	Accuracy	Precision	Recall	F1-score	Roc_auc
Support Vector Classification	95.38	96.75	95.41	95.8	95.3
Random Forest Classifier	94.95	96.69	94.69	95.38	95.53
GradientBoosting Classifier	94.66	96.57	94.32	95.12	96.32

Mientras que en la tabla 3.18 se visualizan los resultados correspondientes a la ejecución del algoritmo SVC (*Support Vector Classification*, Clasificación de Vectores de Soporte), que, aunque se ejecutaron más algoritmos, este es el que destacó debido a que obtuvo mejor desempeño, para la realización de la identificación de nivel de estrés.

Tabla 3.18 Métricas de SVC

Cálculo de las métricas de evaluación del modelo SVC			
Metric accuracy score:	95.38	Standard deviation:	(+/- 6.37)
Metric precision score:	96.75	Standard deviation:	(+/- 6.51)
Metric recall score:	95.41	Standard deviation:	(+/- 8.15)
Metric f1 score:	95.8	Standard deviation:	(+/- 5.85)
Metric roc_auc score:	95.3	Standard deviation:	(+/- 7.23)

Por otro lado, una matriz de confusión, también llamada matriz de error, se utiliza en el ámbito de la estadística y el aprendizaje automático para evaluar cómo se desempeña un modelo de clasificación. Su función principal es mostrar la relación entre las

predicciones que realiza el modelo y las clases reales de los datos de prueba. La matriz de confusión se presenta como una tabla de dos dimensiones con filas y columnas, en el caso de un problema de clasificación binaria, suele tener la estructura como se muestra en la Tabla 3.19.

Tabla 3.19 Estructura de la matriz de confusión

Matriz de confusión		
	Predicción Positiva	Predicción Negativa
Actual Positivo	Verdadero Positivo	Falso Negativo
Actual Negativo	Falso Positivo	Verdadero Negativo

La matriz de confusión divide las predicciones en cuatro categorías diferentes:

- Verdadero Positivo (TP): Indica que el modelo predijo correctamente una muestra positiva.
- Falso Negativo (FN): Indica que el modelo predijo incorrectamente una muestra negativa como positiva.
- Falso Positivo (FP): Indica que el modelo predijo incorrectamente una muestra positiva como negativa.
- Verdadero Negativo (TN): Indica que el modelo predijo correctamente una muestra negativa.

En la Tabla 3.20 se muestra la matriz de confusión que corresponde al algoritmo con que presentó mejor rendimiento.

Tabla 3.20 Matriz de confusión de SVC

Matriz de confusión				
Algoritmo	Predicción	0	1	Todo
SVM	Actual			
	0	1571	78	1649
	1	102	2026	2128
	Todo	1673	2104	3777

3.3.4 Servicios REST

Los servicios REST, ampliamente se utilizan en el intercambio de datos, y desempeñan un papel crucial en la clasificación del estrés. Estos servicios se basan en los protocolos HTTP y se caracterizan por su simplicidad, escalabilidad e interoperabilidad. Para este trabajo de tesis los servicios se desarrollaron mediante FastAPI® y Uvicorn®, en la Figura 3.36 se muestran los primeros pasos para la instalación de dichas bibliotecas.

```

PS C:\Users\Lola González> cd C:\xampp\htdocs\estres-api
PS C:\xampp\htdocs\estres-api> python -m venv fastapi-env
PS C:\xampp\htdocs\estres-api> fastapi-env\Scripts\activate.bat
PS C:\xampp\htdocs\estres-api> pip install fastapi
Requirement already satisfied: fastapi in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (0.98.0)
Requirement already satisfied: pydantic<=1.8,!=1.8.1,<2.0.0,>=1.7.4 in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from fastapi) (1.10.9)
Requirement already satisfied: starlette<0.28.0,>=0.27.0 in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from fastapi) (0.27.0)
Requirement already satisfied: typing-extensions>=4.2.0 in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from pydantic!=1.8,!=1.8.1,<2.0.0,>=1.7.4->fastapi) (4.3.0)
Requirement already satisfied: anyio<5,>=3.4.0 in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from starlette<0.28.0,>=0.27.0->fastapi) (3.7.0)
Requirement already satisfied: idna>=2.8 in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from anyio<5,>=3.4.0->starlette<0.28.0,>=0.27.0->fastapi) (3.4)
Requirement already satisfied: sniffio>=1.1 in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from anyio<5,>=3.4.0->starlette<0.28.0,>=0.27.0->fastapi) (1.3.0)
Requirement already satisfied: exceptiongroup in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from anyio<5,>=3.4.0->starlette<0.28.0,>=0.27.0->fastapi) (1.1.1)
PS C:\xampp\htdocs\estres-api> pip install uvicorn
Requirement already satisfied: uvicorn in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (0.22.0)
Requirement already satisfied: click>=7.0 in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from uvicorn) (8.1.3)
Requirement already satisfied: h11>=0.8 in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from uvicorn) (0.14.0)
Requirement already satisfied: colorama in c:\users\lola gonzález\appdata\local\programs\python\python310\lib\site-packages (from click>=7.0->uvicorn) (0.4.5)

```

Figura 3.36 Instalación de FastAPI y Uvicorn.

Una vez que se realizó la instalación de las bibliotecas se generó el archivo main.py y se ejecutó a través de la terminal, para comenzar el servicio: El servicio está disponible en <http://localhost:8000>, como se muestra en la Figura 3.37.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd. x + v
Microsoft Windows [Versión 10.0.22621.1848]
(c) Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\Lola González>cd C:\xampp\htdocs\estres-api
C:\xampp\htdocs\estres-api>cd C:\xampp\htdocs\estres-api
C:\xampp\htdocs\estres-api>uvicorn main:app --reload
INFO: Will watch for changes in these directories: ['C:\xampp\htdocs\estres-api']
INFO: Uvicorn running on http://127.0.0.1:8000 (Press CTRL+C to quit)
INFO: Started reloader process [6592] using StatReload
INFO: Started server process [1140]
INFO: Waiting for application startup.
INFO: Application startup complete.
```

Figura 3.37 Comando uvicorn main:app en ejecución.

Posteriormente, se definieron los datos que se esperan en la solicitud POST, se cargó el archivo con los modelos que se entregaron previamente en un archivo con extensión .pkl, se definió la instancia para la aplicación y se definieron las rutas de los endpoints para las peticiones correspondientes, tal como se muestra en la Figura 3.38.

```
main.py 9+ x
main.py > ...
1 from fastapi import FastAPI
2 from pydantic import BaseModel
3 import joblib
4 from typing import Optional
5 # Definir el modelo de datos esperado en la solicitud POST
6 class Stress(BaseModel):
7     heartrate: int
8     breathing: int
9     cortisol: Optional[float]
10    delta: float
11    theta: float
12    alpha: float
13    beta: float
14    gamma: float
15 # Cargar el modelo de aprendizaje automático previamente entrenado
16 model = joblib.load('modelo_entrenado.pkl')
17 # Crear una instancia de la aplicación FastAPI
18 app = FastAPI()
19 # Definir la ruta del endpoint para la predicción
20 @app.post('/predict')
21 def predict_stress(heartrate: HeartRate,
22                  breathing: Breathing,
23                  cortisol: cortisol,
24                  delta: delta,
25                  theta: theta,
26                  alpha: alpha,
27                  beta: beta,
28                  gamma: gamma):
29     # Obtener biomarcadores de la solicitud
30     heartrate_value = heartrate.heartrate
31     breathing_value = breathing.breathing
32     cortisol_value = cortisol.cortisol
33     delta_value = delta.delta
34     theta_value = theta.theta
35     alpha_value = alpha.alpha
36     beta_value = beta.beta
37     gamma_value = gamma.gamma
```

Figura 3.38 Fragmento de código del servicio REST

Al mantener el servicio activo, el propio FastAPI® crea la documentación en swagger®, y es accesible desde el path docs. En este caso, como la API se expuso de manera local, se accedió a <http://127.0.0.1:8000/docs> donde se muestran todos los endpoints que se crearon. A

continuación, en la Figura 3.39 se muestra el testeo de solicitud POST para clasificar el nivel de estrés, donde se consideraron los parámetros que se establecieron previamente en el modelo.

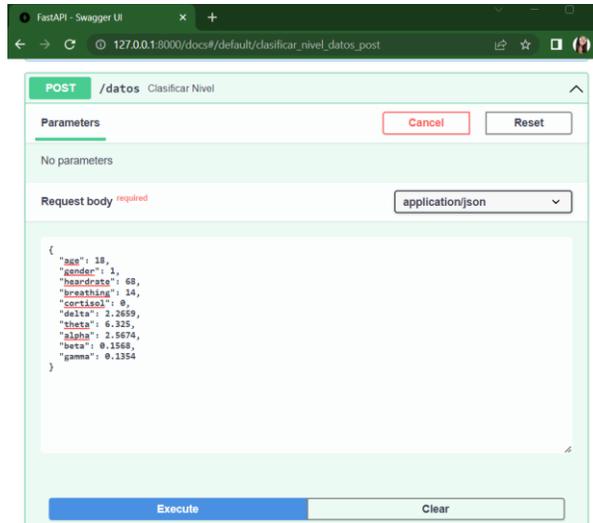


Figura 3.39 Testeo de petición POST para estrés bajo

En la figura 3.40 se muestran los resultados que corresponden a la solicitud que se realizó, se enlistan los parámetros y el resultado de la clasificación, es importante mencionar que específicamente el cortisol se mantiene como un parámetro opcional en todas las peticiones.

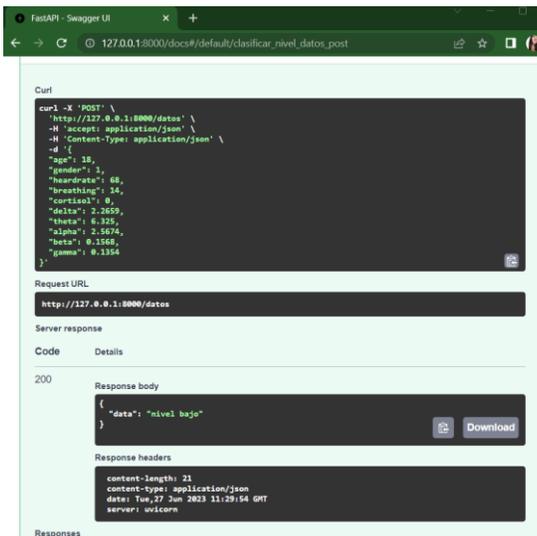


Figura 3.40 Respuesta de la solicitud

Capítulo 4. Resultados

En el presente capítulo, se presenta un caso de estudio para validar la solución propuesta en este trabajo de tesis, es de gran importancia en la identificación del estrés ya que proporciona una comprensión detallada de cómo el estrés afecta a los estudiantes en diferentes situaciones y contextos.

Al estudiar casos de estrés en situaciones reales, los especialistas identifican los factores desencadenantes del mismo, así como las respuestas fisiológicas y emocionales que experimentan los estudiantes en diversas situaciones, lo que ayudará a los profesionales de la salud a desarrollar estrategias y herramientas más efectivas para identificar y manejar el estrés.

4.1 Caso de estudio

4.1.1 Análisis de nivel de estrés en estudiantes de la Universidad del Papaloapan.

La Universidad del Papaloapan[61] es una Institución de educación superior que pertenece al Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca (SUNEO), se fundó por decreto el 18 de junio del año 2002, e inició actividades el primero de julio del mismo año. El modelo educativo que ofrece antecede de 15 años de experiencia de la Universidad Tecnológica de la Mixteca y la Universidad del Mar -pertenecientes al Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca, SUNEO- de tal manera que la excelencia académica en cada uno de los programas rige desde un principio. Dicho modelo se basa en la disciplina de trabajo, formación integral del educando, una práctica escolar de tiempo completo para alumnos y maestros, un sistema de becas de apoyo a la colegiatura, un sistema académico que fomenta las capacidades de abstracción, de ordenación de la realidad, de comunicación y de lectura y una vinculación estrecha entre docencia e investigación.

El caso de estudio que se desarrolló para este trabajo de tesis, se llevó a cabo en la Universidad del Papaloapan, a fin de que especialistas de la salud mental conocieran el diagnóstico de los estudiantes, la muestra consistió de 20 estudiantes inscritos en la licenciatura de medicina, 14 estudiantes inscritos en la Licenciatura de enfermería y 13 estudiantes inscritos en la Licenciatura de Ciencias Empresariales, los cuales se seleccionaron mediante un método de recolección sistemático por un recorrido de 8 posiciones de acuerdo

al número de lista de cada grupo, lo que sumó un total de 47 estudiantes, 17 hombres y 30 mujeres, todos pertenecientes al segundo semestre de licenciatura. Las pruebas a los 47 estudiantes se realizaron durante 2 días consecutivos, dando inicio alrededor de las 8:00 horas y término aproximadamente a las 18:00 horas, donde hubo intervalos de tiempo para realizar el registro de los estudiantes y la sincronización de la diadema. Cada estudiante se sometió a una prueba con una duración de 25 minutos, en la cual se aplicó el cuestionario sistémico cognitivista con el objetivo de identificar la frecuencia de las situaciones que los estudiantes perciben como estímulos estresantes, así como las reacciones y estrategias que emplean para afrontar dichas situaciones, además se colocaron la diadema de percepción cerebral mientras realizaron una serie de ejercicios para obtener los valores correspondientes al ritmo cardiaco, la respiración y la activación cerebral. Durante este proceso, surgieron las siguientes interrogantes:

- ¿De qué manera el especialista evalúa el nivel de estrés que experimentan los estudiantes?
- ¿Cómo analiza el especialista los biomarcadores de estrés de los estudiantes para llevar a cabo el diagnóstico?
- ¿Cómo determina el especialista cuál fue la situación que generó cierto nivel de estrés en los estudiantes?

Para iniciar con el proceso de identificación de nivel de estrés, el estudiante se dirigió a una sala cómoda con control de temperatura donde lo primero que realizó fue responder el cuestionario SISCO, que se muestra en la Figura 4.1.

Introducción

El presente cuestionario tiene como objetivo central reconocer algunas situaciones o características que suelen acompañar a los estudiantes de educación superior durante sus estudios. La sinceridad con que respondan a los cuestionamientos será de gran utilidad para la investigación.

Instrucciones: Selecciona una respuesta para cada uno de los cuestionamientos que se presentan a continuación.

Durante el transcurso de este semestre ¿has tenido momentos de preocupación * o nerviosismo?

Si

No

Figura 4.1 Cuestionario para identificar estrés académico.

Posteriormente, el especialista tuvo acceso a la información que provee el módulo de identificación de estrés académico, sin embargo, fue necesario un registro previo para iniciar sesión y manipular los datos del módulo, ya que la información contenida dentro de dicho módulo es confidencial dentro y fuera de las instituciones educativas que tengan acceso. El módulo provee un menú de opciones que consisten en 1) monitoreo, sección donde se encuentran todas las estadísticas generales, 2) estudiantes, sección donde se visualizan todos los estudiantes registrados, y es posible agregar nuevos o modificar los existentes, además en esta sección es donde el especialista llevó a cabo las pruebas de identificación de estrés al seleccionar un estudiante 3) instrumentos, una opción para añadir los cuestionarios que respondieron los estudiantes para complementar el diagnóstico de nivel de estrés y 4) dispositivos, sección donde se agregó el dispositivo para la sincronización y extracción de información.

Para la ejecución del caso de estudio fue necesario el registro de cada uno de los estudiantes que participaron en la prueba, para ello se solicitaron los siguientes datos: matrícula, nombre, apellido materno, apellido paterno, carrera, fecha de nacimiento y número de teléfono, con el fin de tener la mayor información posible del estudiante que realizó la prueba, tal como se muestra en la Figura 4.2.

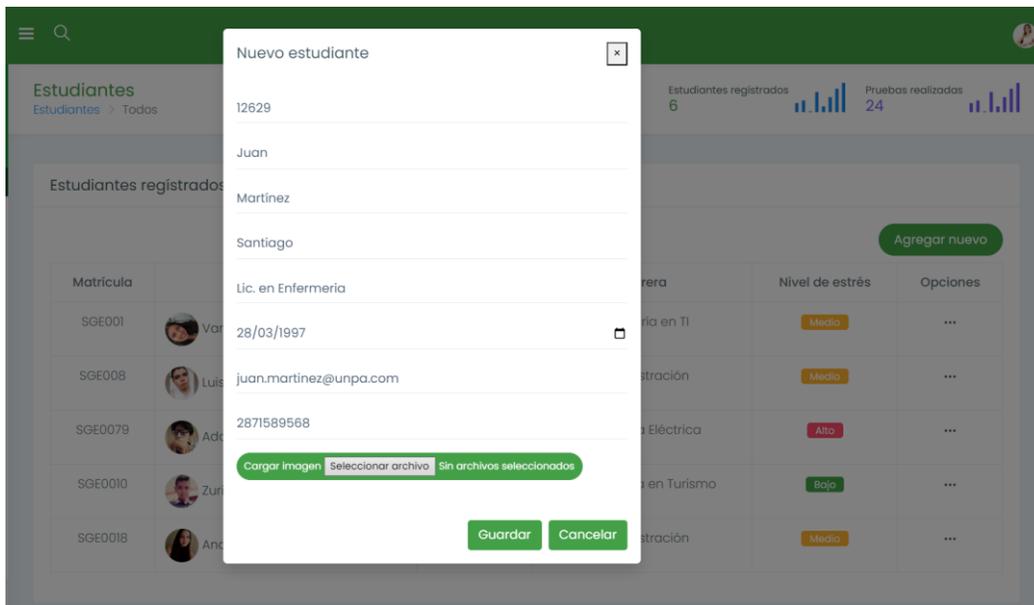


Figura 4.2 Formulario de registro de nuevo estudiante.

El estudiante nuevo se registró y automáticamente se agregó a la tabla de estudiantes registrados como se visualiza en la Figura 4.3, sin embargo, dado que es un registro nuevo no existe historial de pruebas y tampoco existe nivel de estrés actual, hasta que se realice la primera prueba. En este caso al especialista le interesó generar el diagnóstico de la primera prueba del estudiante que registró, por lo tanto, seleccionó la opción “Hacer prueba”.

Estudiantes registrados

Agregar nuevo

Matrícula	Nombre completo	No. Prueba	Carrera	Nivel de estrés	Opciones
SGE001	Vanesa Ricón Espinosa	1	Ingeniería en TI	Medio	...
SGE008	Luis Aparicio Ortiz	2	Administración	Medio	...
SGE0079	Adán de Jesús Olivares	8	Ingeniería Eléctrica	Alto	...
SGE0010	Zuriel Herrera Idarza	10	Licenciatura en Turismo	Bajo	...
SGE0018	Ana Castillo Morales	2	Administración	Medio	Información Hacer prueba ...
SGE12629	User Juan Martínez Santiago	0	Lic. en Enfermería		...

Figura 4.3 Registro exitoso de nuevo estudiante.

Para comenzar con la prueba el estudiante se colocó la diadema y el especialista inició la sincronización, mientras que el estudiante realizó una serie de juegos de ingenio con el objetivo de desafiar la capacidad del estudiante al controlar situaciones imprevistas dentro del ámbito académico. La Figura 4.4 muestra la sincronización de la diadema y el estudiante durante la prueba.

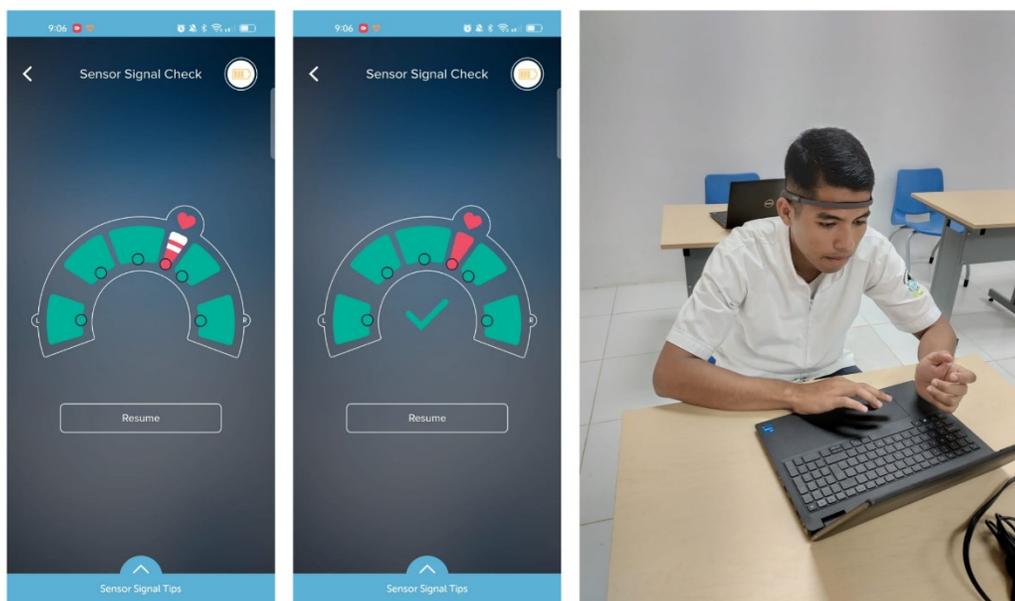


Figura 4.4 Sincronización de la diadema durante la prueba.

Por otra parte, en la Figura 4.5 se muestran los juegos que completó el estudiante en aproximadamente 15 minutos. Estos juegos se seleccionaron según la dificultad que evaluaron los especialistas de salud mental. El primer juego consistió en resolver una sopa de letras, el segundo fue un rompecabezas y, por último, el tercero consistió en encontrar la diferencia entre dos imágenes.



Figura 4.5 Juegos de ingenio

Una vez que se completó la sincronización y lectura de datos, el especialista procedió con la obtención de los datos de la sesión que se realizó con la diadema, tal como se muestra en la Figura 4.6.

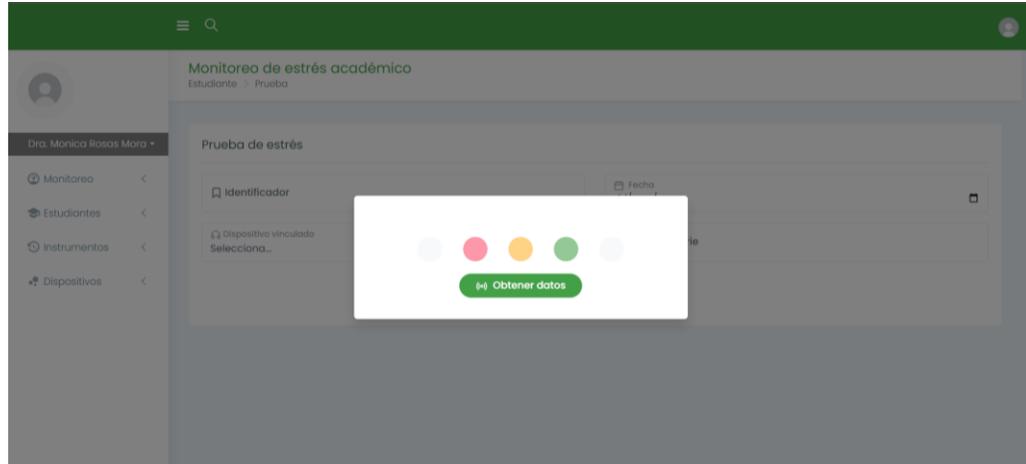


Figura 4.6 Lectura de datos.

Seguido a eso, se verificó que la obtención de datos se ejecutó de forma correcta y procedió a obtener el resultado, como se muestra en la Figura 4.7. Es importante mencionar que este proceso se llevó a cabo por cada estudiante que presentó la prueba.

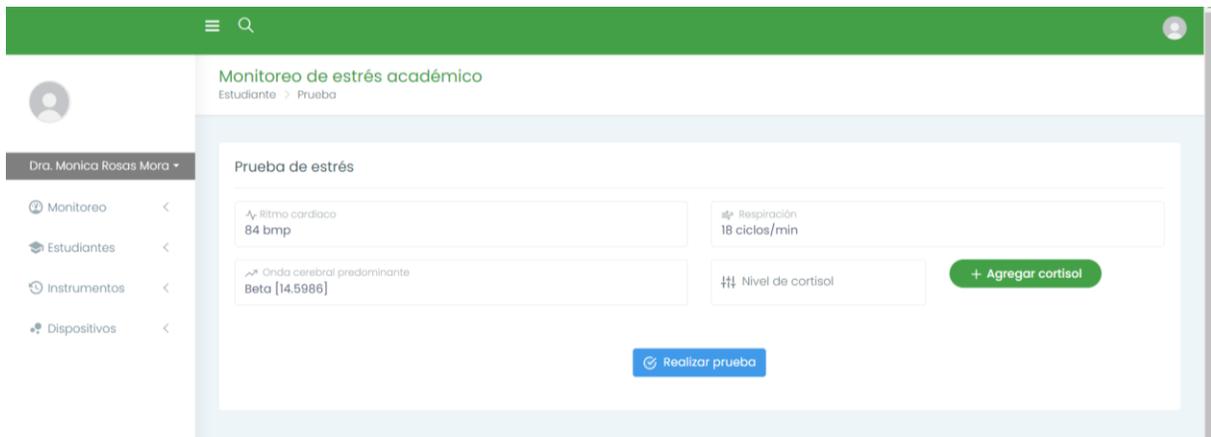


Figura 4.7 Prueba de identificación de estrés con datos que se obtuvieron.

Los resultados de la prueba se separaron en dos partes distintas para analizarlas de forma independiente. Por un lado, se evaluó el resultado del cuestionario, mientras que por otro lado se consideraron los datos que se obtuvieron de la diadema. Esto se hizo con el objetivo de proporcionar a los especialistas una visión más completa para la toma de decisiones. A continuación, en la Tabla 4.1 se muestran algunos de los resultados correspondientes al cuestionario.

Tabla 4.1 Resultados del cuestionario que se aplicó a los estudiantes.

Carrera	1	2	Ítems																														
			Estresores								Síntomas															Estrategias							
			1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6		
Enfermería	Si	4	1	3	1	3	3	3	4	3	3	4	2	4	5	5	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3	4	3	4	3	3		
	Si	2	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1		
	Si	4	2	3	3	2	1	3	2	2	3	4	3	3	2	4	4	4	4	4	4	2	2	1	3	3	5	4	3	4	3	3	
	Si	5	5	5	3	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	4	2	4	1	2
	No	4	1	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	No	3	1	2	2	1	3	4	3	4	1	2	1	2	3	3	2	3	2	2	2	1	1	2	2	2	3	3	3	4	1	3	
Medicina	Si	4	2	3	1	4	2	3	2	2	3	2	4	1	4	2	2	3	3	2	3	1	1	1	4	4	4	2	4	5	4		
	Si	4	3	4	4	3	3	2	3	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	3	5	4	3	3	3	1	1	2	2		
	Si	3	3	4	3	3	3	4	3	3	1	1	1	2	1	2	2	3	3	3	2	1	4	2	2	2	4	5	2	2	3		
	No	2	2	3	3	4	4	2	4	3	2	2	2	1	1	3	3	4	4	4	4	1	1	2	1	1	2	3	4	1	3	2	

Carrera	1	2	Ítems																												
			Estresores								Síntomas															Estrategias					
			1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6
Medicina	No	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	5	3	1	1	2	1	1	1	1	1	4	4	3	2	3	2
	No	2	1	4	1	1	1	1	1	2	1	3	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2	4	5	2	3	2	1
Ciencias	Si	2	2	3	2	3	2	3	1	1	2	1	1	1	3	2	2	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	3	1	1	2
	Si	5	4	5	4	5	3	3	2	3	4	5	5	2	5	5	3	2	2	2	5	1	5	4	5	4	5	1	5	3	4
	Si	4	2	4	3	4	4	2	3	4	4	5	4	3	5	5	4	4	4	3	1	1	5	3	1	4	4	2	1	4	1
	Si	4	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	3	3	4	5	3	3	2	2	3	4	4	3	3	3	3	5
	Si	4	2	4	4	4	3	3	3	4	3	4	3	3	5	3	2	2	4	3	2	2	2	3	3	3	2	3	1	4	4
	Si	3	1	3	3	4	2	3	2	1	4	3	4	3	5	4	2	4	4	1	1	1	4	3	2	2	3	5	1	3	5

Los estresores que se evaluaron son los siguientes:

- La competencia con los compañeros del grupo
- Sobrecarga de tareas y trabajos escolares
- La personalidad y el carácter del profesor.
- Las evaluaciones de los profesores (exámenes, ensayos, trabajos de investigación, entre otros).
- El tipo de trabajo que te piden los profesores (consulta de temas, fichas de trabajo, ensayos, mapas conceptuales, entre otros.)
- No entender los temas que se abordan en la clase
- Participación en clase (responder a preguntas, exposiciones, entre otros.)
- Tiempo limitado para hacer el trabajo

Los síntomas que se evaluaron son los siguientes:

- Trastornos en el sueño (insomnio o pesadillas)
- Fatiga crónica (cansancio permanente)
- Dolores de cabeza o migrañas
- Problemas de digestión, dolor abdominal o diarrea
- Rascarse, morderse las uñas, frotarse, entre otros.
- Somnolencia o mayor necesidad de dormir

- Inquietud (incapacidad de relajarse y estar tranquilo)
- Sentimientos de depresión y tristeza (decaído)
- Ansiedad, angustia o desesperación.
- Problemas de concentración
- Sentimiento de agresividad o aumento de irritabilidad
- Conflictos o tendencia a polemizar o discutir
- Aislamiento de los demás
- Desgano para realizar las labores escolares
- Aumento o reducción del consumo de alimentos

Por último, las estrategias de afrontamiento que se evaluaron son las siguientes:

- Habilidad asertiva (defender nuestras preferencias ideas o sentimientos sin dañar a otros)
- Elaboración de un plan y ejecución de sus tareas
- Elogios a sí mismo
- La religiosidad (oraciones o asistencia a misa)
- Búsqueda de información sobre la situación
- Ventilación y confidencias (verbalización de la situación que preocupa)

Según las respuestas en el cuestionario de los 47 estudiantes los resultados de estrés mediante este método tradicional, muestran que los cuatro estresores con mayor frecuencia son la sobrecarga de tareas y trabajos, el tiempo para realizar los trabajos, las evaluaciones y la competencia entre compañeros, tal como se muestra en la Figura 4.8.



Figura 4.8 Estresores con mayor frecuencia.

Mientras que en la Figura 4.9 se visualizan los síntomas con mayor frecuencia que se presentan en los estudiantes que realizaron la prueba.



Figura 4.9 Síntomas con mayor frecuencia.

Con respecto a los datos que se extrajeron de la diadema, para determinar el nivel de estrés de cada prueba se aplicaron las siguientes reglas para correlacionar los datos y mostrar un resultado preliminar que el especialista se encargó de corroborar para realizar el diagnóstico y recomendaciones pertinentes a cada uno de los casos.

- Estrés bajo ($RC \leq 73$) && ($FR = 12 \parallel \leq 18$) && ($DELTA \geq 2 \parallel \leq 4$) && ($THETA \leq 5 \parallel \leq 8$) && ($ALPHA > 8 \parallel \leq 14$) && ($BETA > 14$) && ($GAMMA > 14$) ($CORTISOL \geq 4 \parallel < 25$).

- Estrés medio (RC ≥ 74 || ≤ 96) && (FR ≥ 18 || ≤ 24) && (DELTA ≤ 2) && (THETA ≤ 8) && (ALPHA > 14) && (BETA ≥ 14 || ≤ 35) && (GAMMA < 35) (CORTISOL < 49).
- Estrés alto (RC ≥ 97) && (FR ≥ 25) && (DELTA ≥ 4) && (THETA ≥ 8) && (ALPHA ≥ 14) && (BETA ≥ 35) && (GAMMA ≥ 36) (CORTISOL ≥ 50).

En la Tabla 4.2 se muestran algunos de los resultados correspondientes a los estudiantes que realizaron la prueba para identificar el nivel de estrés.

Tabla 4.2 Resultados de la prueba

Genero	Edad	Ritmo cardiaco	Respiración	Onda cerebral sobresaliente	Nivel de estrés
F	18	88	19	Alpha [13.2568]	Medio
F	19	63	12	Delta [2.2659]	Bajo
M	19	76	16	Theta [7.0265]	Bajo
F	19	84	14	Beta [15.2659]	Medio
M	19	88	21	Alpha [9.0269]	Medio
F	19	87	19	Beta [13.2568]	Medio
M	19	81	21	Beta [17.3694]	Medio
F	20	87	24	Beta [22.0317]	Medio
F	19	86	22	Beta [24.0268]	Medio
F	18	88	21	Alpha [12.0215]	Medio
M	25	76	17	Theta [6.0211]	Bajo
F	19	78	18	Delta [3.0171]	Bajo
F	19	88	18	Beta [16.0264]	Medio
M	27	83	17	Theta [5.2611]	Bajo
F	18	89	20	Beta [18.0313]	Medio
F	18	83	19	Alpha [10.2012]	Bajo
F	18	81	18	Alpha [11.1250]	Bajo

Los valores correspondientes a los biomarcadores solo englobaron los que se extrajeron directamente de la diadema de percepción cerebral, es decir, el ritmo cardiaco, los ciclos

respiratorios, y las ondas cerebrales que se encontraron de forma activa y sobresalieron del resto. En la Figura 4.10 se muestra, una gráfica con los datos que se obtuvieron de los estudiantes y presentaron estrés bajo.

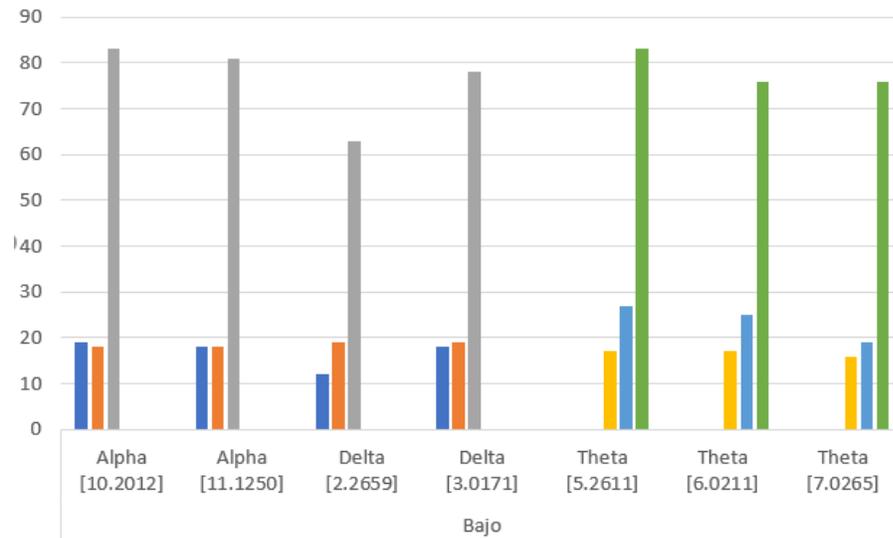


Figura 4.10 Resultados de nivel de estrés bajo

Por otro lado, en la Figura 4.11 se muestra, una gráfica con los datos que se obtuvieron de los estudiantes y presentaron estrés medio.

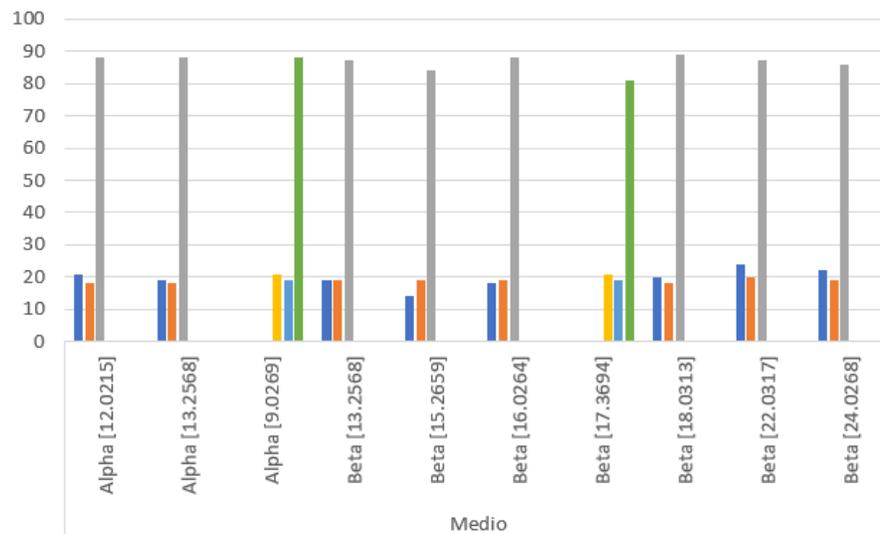


Figura 4.11 Resultados de nivel de estrés bajo.

Finalmente, en la Figura 4.12 se muestra gráficamente la clasificación de nivel de estrés por licenciatura, género y la edad promedio de los estudiantes que realizaron la prueba.

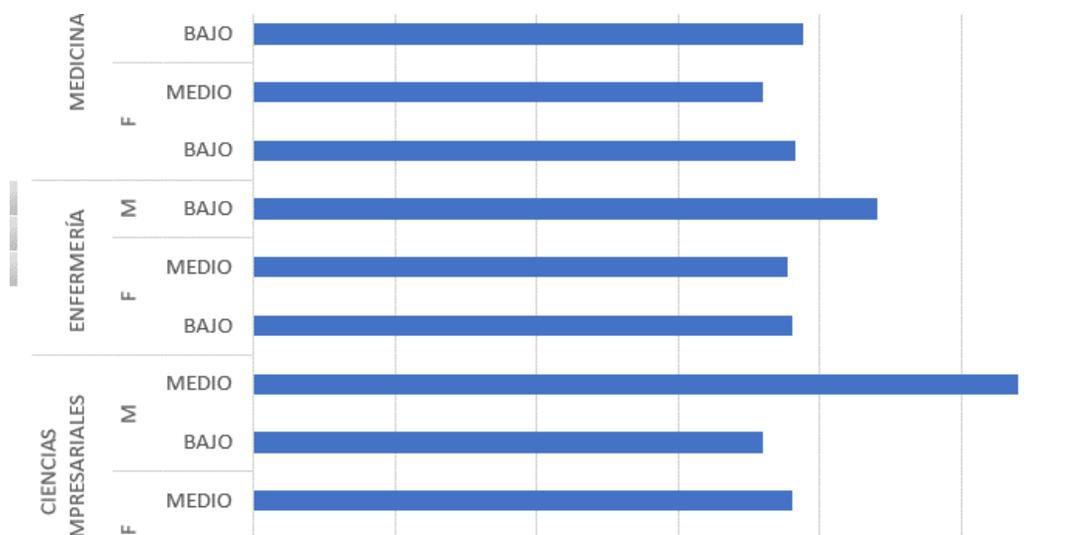


Figura 4.12 Resultados generales de nivel de estrés por carrera, género y edad.

Los resultados de las pruebas que se realizaron muestran que la edad promedio en que los estudiantes presentan nivel de estrés bajo oscila entre 18 y 21 años, mientras que aquellos que presentan nivel de estrés medio se encuentran entre 21 y 27 años de edad. Asimismo, en la Figura 4.13 se muestra de manera gráfica por carrera, la edad y clasificación de nivel de estrés de las estudiantes mujeres, y en la Figura 4.14 de los estudiantes hombres.

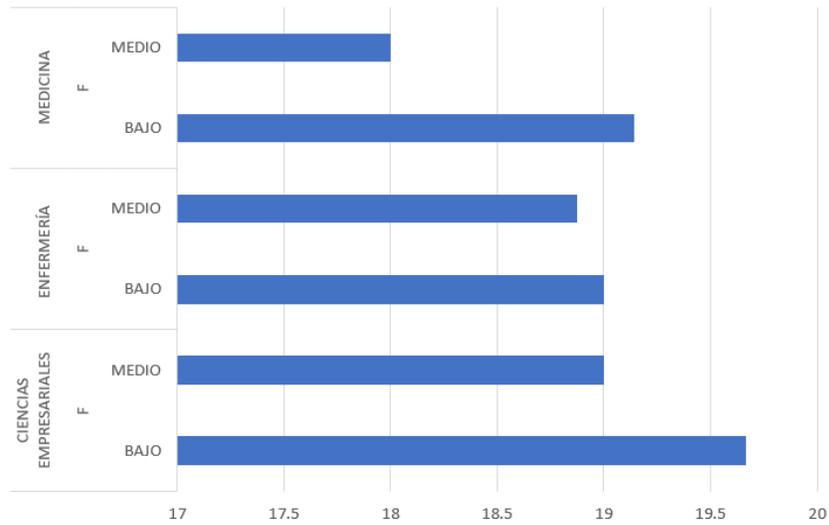


Figura 4.13 Clasificación de estudiantes mujeres.

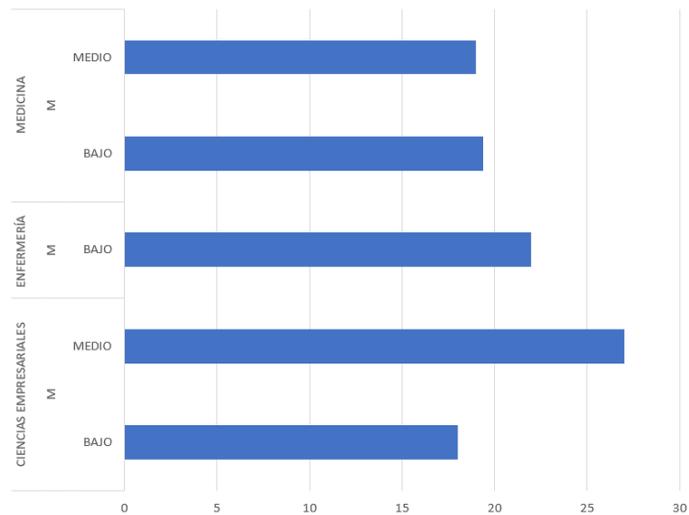


Figura 4.14 Clasificación de estudiantes hombres.

Lo descrito en este caso de estudio, se centralizó en mostrar la relevancia al utilizar el módulo de identificación de estrés como una herramienta que permite conocer los parámetros del nivel de estrés que presentaron los estudiantes durante la prueba, además al agregar el cuestionario de identificación de estrés se enriqueció el diagnóstico del especialista

cuyo objetivo fue guardar la información de los estudiantes para posteriormente emitir recomendaciones convenientes según el caso.

Además, se percibió que la identificación del estrés a tiempo es crucial para intervenir de manera temprana y prevenir enfermedades o trastornos relacionados con el estrés, de esta manera, en este caso de estudio el especialista pudo evaluar el nivel de estrés que experimentaron los estudiantes mediante una variedad de métodos, por un lado, se evaluaron las situaciones que los estudiantes consideran estímulos estresantes mediante un cuestionario tradicional, y por otro lado, con el apoyo de recursos tecnológicos el especialista logró identificar biomarcadores ampliamente relacionados con el estrés, los cuales se evaluaron de manera automática y lograron una clasificación en los patrones de otros casos similares mediante Inteligencia Artificial, y así el especialista tuvo una base más extensa para abordar recomendaciones adecuadamente y evitar algún impacto negativo significativo en la vida de los estudiantes.

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

El estrés es uno de los causantes del desarrollo de enfermedades físicas y mentales en las personas, no obstante estudios demuestran que se prolonga principalmente en la ámbito académico, debido a diversas situaciones que cada estudiante universitario llega a considerar como factor estresante, y por ello, el estrés no afecta a todos de la misma manera, sin embargo cuando no se atiende a tiempo suscita al incremento de síntomas que posteriormente conllevan a un desequilibrio inapelable que se percibe completamente en el desempeño académico.

Durante el análisis de la opinión de diversos autores, se visualizó que hay mucha similitud en los datos que toman en cuenta, para hacer una detección de estrés en las personas, por ejemplo, la variabilidad de la frecuencia cardiaca, la respiración y la conductancia de la piel, sin embargo, existen pocos estudios que consideran variables relacionadas a la actividad cerebral para hacer un análisis y detectar estrés de manera eficiente. Asimismo, se realizó un análisis de las tecnologías que se emplearon en los trabajos similares y se observó que la mayoría adopta técnicas de Inteligencia Artificial que apoyan la detección de estrés, donde se estima que el aprendizaje automático es la opción más óptima para brindar resultados exitosos.

Por ello, se realizó el desarrollo de este trabajo de tesis con enfoque en la detección de estrés en el ámbito académico, y se logró cumplir de manera exitosa con el objetivo general que se planteó inicialmente, dando como resultado una herramienta tecnológica para apoyar el control y tomar en consideración las medidas necesarias para evitar el incremento de enfermedades crónicas, mediante el uso de variables fisiológicas que se extraen de un dispositivo vestible, el cual es una diadema de percepción cerebral, a fin de que los especialistas en la salud mental complementen el diagnóstico tradicional para identificar estrés con el uso de la tecnología y tomen decisiones que permitan a los estudiantes controlar el nivel de estrés que presentan para evitar afectaciones futuras. Además, también se consideraron algunos de los métodos tradicionales que los especialistas en salud mental, utilizan para lograr una identificación de estrés más efectiva, como el uso del inventario cognitivista que se incluyó para que los estudiantes respondan a los cuestionamientos que plantea acerca de los estímulos

académicos estresantes, los síntomas y algunas estrategias de afrontamiento, y con base en esa información el especialista otorgue el diagnóstico y a su vez las recomendaciones necesarias.

En conclusión, el desarrollo y los resultados de este trabajo de tesis respaldan la importancia de abordar el estrés académico al incorporar tecnologías emergentes que brindan una oportunidad mayor para tomar medidas preventivas y proporcionar herramientas de afrontamiento que ayuden a los estudiantes a enfrentar los desafíos de manera positiva y desarrollar habilidades para manejar el estrés y así promover un entorno saludable, además abre un mundo de posibilidades para futuras mejoras o el desarrollo de nuevas herramientas que complementen de manera efectiva este enfoque.

5.2 Recomendaciones

La detección temprana del estrés en estudiantes universitarios es de suma importancia debido a que muchos de los estudiantes al no saber controlar el estrés de manera correcta, tienen a desarrollar otras enfermedades que afectan la salud física y mental, además al sentirse saturados tienden a tomar decisiones erróneas al considerar que es mucha carga de trabajo. Aunque el módulo de identificación de estrés se realizó con éxito y se cumplió cada uno de los objetivos planteados, se identificaron recomendaciones con respecto a la implementación, puesto que harán que el módulo sea una aplicación más completa y brinde mejores resultados, algunas de estas recomendaciones son:

- 1) Incorporar dentro del módulo una sección para los ítems del instrumento que responden los estudiantes, y el especialista visualice la información de forma automática, ya que actualmente el instrumento se encuentra de forma externa al módulo y el especialista llena los resultados de este de forma manual, por lo tanto, al incorporar esta sección al módulo se ahorrará tiempo y mejorará el diagnóstico.
- 2) El desarrollo de alguna herramienta que permita a los estudiantes seguir estrategias de afrontamiento o recomendaciones de acuerdo al nivel de estrés que presenta, generará gran impacto en el uso del módulo, ya que, actualmente existen este tipo de aplicaciones en el mercado pero todas se enfocan al público en general y ofrecen ejercicios de relajación, meditación guiada, entre otros, pero ninguna considera el nivel de estrés que

presentan las personas para generar una recomendación personalizada. Por lo tanto, lo ideal es que al tomar como base los resultados de los estudiantes se generen las recomendaciones o ejercicios pertinentes para cada estudiante dependiendo el nivel de estrés que presenta.

Finalmente se considera importante, tener la opinión con respecto a nivel de estrés y el uso del módulo para identificarlo de los especialistas de salud, a fin de que agreguen información adicional que se considere para posibles investigaciones sobre el nivel de estrés académico.

Productos académicos

Como parte integral de este trabajo de tesis, se llevó a cabo la redacción y publicación del siguiente artículo académico:

Architecture for the identification of academic stress levels using Machine Learning and Internet of Things



Autores: María Dolores González Martínez, José Luis Sánchez Cervantes, Maritza Bustos López, Giner Alor Hernández, María Antonieta Abud Figueroa, Luis Rolando Guarneros Nolasco.

Palabras clave: Academic stress, Support Vector Machine, Internet of Things.

Presentado en: 5to Congreso Estudiantil de Inteligencia Artificial Aplicada a la Ingeniería y Tecnología, CEIAAIT 2022

Convenio específico



CONVENIO ESPECÍFICO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO "IDENTIFICACIÓN DE NIVEL DE ESTRÉS ACADÉMICO MEDIANTE EL USO DE TÉCNICAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y EL PARADIGMA DE INTERNET DE LAS COSAS" QUE CELEBRAN, POR UNA PARTE EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ORIZABA, QUE EN LO SUCESIVO SE LE DENOMINARÁ "ITO", REPRESENTADO EN ESTE ACTO POR LA M.A.E. MARICELA GALLARDO CÓRDOVA DIRECTORA, Y POR LA OTRA PARTE, LA UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN QUE EN LO SUCESIVO SE LE DENOMINARÁ "UNPA" REPRESENTADO EN ESTE ACTO POR EL M.C. HÉCTOR LÓPEZ ARJONA, VICE-RECTOR ACADÉMICO, CONFORME A LOS ANTECEDENTES Y CLÁUSULAS SIGUIENTES:



DECLARACIONES

Del "ITO":

I.1. Que es un plantel educativo, adscrito al Tecnológico Nacional de México, de conformidad con el artículo 1º, párrafo segundo, del Decreto que crea el Tecnológico Nacional de México, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 23 de julio de 2014, por el que la Secretaría de Educación Pública ha venido impartiendo la educación superior y la investigación científica y tecnológica, en lo sucesivo el "DECRETO".

I.2. Que en su carácter de plantel educativo adscrito al Tecnológico Nacional de México, participa en la prestación, desarrollo, coordinación y orientación de los servicios de educación superior tecnológica, en los niveles de técnico superior universitario, licenciatura y posgrado, en las modalidades escolarizada, no escolarizada a distancia y mixta; así como de educación continua y otras formas de educación que determine el Tecnológico Nacional de México, con sujeción a los principios de laicidad, gratuidad y de conformidad con los fines y criterios establecidos en el artículo 3º, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, según lo establecido en el artículo 2º, fracción I del "DECRETO".

Que en cumplimiento del objeto del Tecnológico Nacional de México, forma parte de un equipo de docentes e investigadores aptos para la aplicación y generación de conocimientos que les proporcionen las habilidades para la solución de problemas, con pensamiento crítico, sentido ético, actitudes emprendedoras, de innovación y capacidad creativa para la incorporación de los avances científicos y tecnológicos que contribuyan al desarrollo nacional y regional, de conformidad con el artículo 2º, fracción II del "DECRETO".

GTV-DEPI/CO-E/005/05-2023

Maritza Bustos López    

Mrs. Antonieta Aguilar 











"LAS PARTES" podrán, de mutuo acuerdo, terminar de manera anticipada el presente convenio cuando así convenga a sus intereses.

De llegarse a actualizar este (estos) supuesto (s), deberá dar aviso por escrito con 15 días de anticipación, cubriendo invariablemente en su totalidad los gastos o trabajos que se hayan realizado.

DÉCIMA PRIMERA. MODIFICACIONES

El presente Convenio podrá ser modificado o adicionado por voluntad de "LAS PARTES"; mediante la firma del Convenio Modificador respectivo, dichas modificaciones o adiciones obligarán a los signatarios a partir de la fecha de su firma.

DÉCIMA SEGUNDA. INTERPRETACIÓN Y CUMPLIMIENTO

"LAS PARTES" convienen que el presente instrumento es producto de la buena fe, por lo que toda controversia e interpretación que se derive del mismo, respecto de su operación, formalización y cumplimiento, será resuelta por ambas partes de común acuerdo (por la Comisión Técnica a que se refiere la cláusula cuarta del presente Instrumento o del Convenio General del cual deriva).



En fe del presente instrumento y enteradas "LAS PARTES" de su contenido y alcances, lo firman por duplicado, en la ciudad de Orizaba, Veracruz, a los 12 días del mes de mayo de 2023.

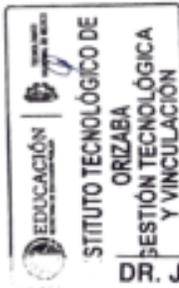
VICE-RECTORIA
ACADEMICA

POR EL "ITO"

POR LA "UNPA"

M.A.E. MARICELA GALLARDO CORDOVA
DIRECTORA

M.C. HÉCTOR LÓPEZ ARJONA
VICE-RECTOR ACADÉMICO



RESPONSABLES DEL PROYECTO

DR. JOSÉ LUIS SÁNCHEZ CERVANTES
DIRECTOR DE TESIS

DR. ISAAC MACHORRO CANO
COLABORADOR DEL PROYECTO

GTV-DEPI/CO-E/005/05-2023

Maritza Bustos López

Mr. Antonio Alford R

Maritza Bustos López

DRA. MARITZA BUSTOS LÓPEZ
CO-DIRECTORA DE TESIS

Mónica GPE. Segura Ozuna

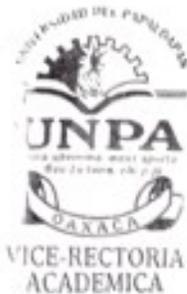
M.C. MÓNICA GPE. SEGURA OZUNA
COLABORADOR DEL PROYECTO

Anabel Contreras Martínez

DRA. ANABEL CONTRERAS MARTÍNEZ
COLABORADOR DEL PROYECTO

Frank Pulido Criollo

M.P. FRANK PULIDO CRIOLLO
COLABORADOR DEL PROYECTO



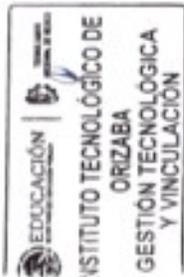
SINODALES DE LA TESIS

Ma Antonieta Abud F.

M.C. MA. ANTONIETA ABUD FIGUEROA

Dr. Giner Alor Hernández

DR. GINER ALOR HERNÁNDEZ



María Dolores González Martínez

I.S.C. MARÍA DOLORES GONZÁLEZ MARTÍNEZ
ESTUDIANTE/TESISTA

LAS FIRMAS QUE ANTECEDEN CORRESPONDEN AL CONVENIO ESPECIFICO QUE CELEBRÁN, POR UNA PARTE, EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO / INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ORIZABA Y, POR OTRA PARTE, LA UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN, EN FECHA 12 DE MAYO DEL 2023. CONSTANTE DE 8 FOJAS ÚTILES DEBIDAMENTE RUBRICADAS EN CADA UNA DE ELLAS Y ALCALCE DEL DOCUMENTO.

GTV-DEPI/CO-E/005/05-2023

Handwritten marks and signatures on the right margin.

Bibliografía

- [1] A. Griffiths, “Organización del trabajo y del estrés,” Organización mundial para la salud, 2004. [En línea]. Disponible: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42756/9243590472.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2] Facultad de medicina - UNAM, “¿Qué es la salud mental?”. [En línea]. Disponible: <http://www.massaludfacmed.unam.mx/index.php/que-es-la-salud-mental/>, 2022.
- [3] FEAFES Galicia, “Salud Mental”. [En línea]. Disponible: <https://feafesgalicia.org/ES/content/salud-mental>, 2020.
- [4] Stanford Encyclopedia of Philosophy Archive, “Mental Illness”. [En línea]. Disponible: <https://stanford.library.sydney.edu.au/archives/win2014/entries/mental-illness/>, 2019.
- [5] O. Torreblanca, “El estrés: esencial para la vida,” 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.comoves.unam.mx/assets/revista/26/el-estres.pdf>
- [6] S. Cantón, “Estrés agudo y estrés crónico,”. [En línea]. Disponible: <https://www.libresdestres.com/estres-agudo-y-estres-cronico>, 2021.
- [7] C. Toribio Ferrer and S. Franco Bárcenas, “Estrés Académico: El Enemigo Silencioso del Estudiante,” Salud y Administración, vol. 3, no. Número 7, pp. 11–18, 2017, [En línea]: Disponible: http://www.unsis.edu.mx/revista/doc/vol3num7/A2_Estres_acad.pdf
- [8] Brita Inteligencia Artificial, “La historia de la Inteligencia Artificial,”. [En línea]. Disponible: <https://brita.mx/la-historia-de-la-inteligencia-artificial>, 2020.
- [9] A. M. Turing, “Computing Machinery and Intelligence,” 1950. [En línea]: Disponible: <http://links.jstor.org/sici?sici=0026-4423%28195010%292%3A59%3A236%3C433%3ACMAI%3E2.0.CO%3B2-5>
- [10] ©Microsoft, “¿Qué es la inteligencia artificial?,”. [En línea]. Disponible: <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-artificial-intelligence/#examples>, 2022.
- [11] IBM Cloud Education, “What is machine learning?,”. [En línea]. Disponible: <https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning>, 2020.

- [12] Oracle, “What is IoT?”. [En línea]. Disponible: <https://www.oracle.com/internet-of-things/what-is-iot/>, 2022.
- [13] SAP software and solutions., “¿Qué es internet de las cosas (IoT)?”. [En línea]. Disponible: <https://www.sap.com/latinamerica/insights/what-is-iot-internet-of-things.html>, 2022.
- [14] Tecnología + Informática, “La tecnología vestible. Wearables: la ropa inteligente”. [En línea]. Disponible: <https://www.tecnologia-informatica.com/tecnologia-vestible-wearables-ropa-inteligente/>, 2021.
- [15] Sandra S. Arango V, “Biomarcadores para la evaluación de riesgo en la salud humana”. [En línea]. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v30n1/v30n1a09.pdf>
- [16] My EKG, “Ritmo Cardíaco”. [En línea]. Disponible: <https://www.my-ekg.com/como-leer-ekg/ritmo-cardiaco.html>.
- [17] National Institute on Aging, “La presión arterial”. [En línea]. Disponible: <https://www.nia.nih.gov/espanol/presion-arterial-alta#:~:text=La%20presi%C3%B3n%20arterial%20normal%20para,diast%C3%B3lica%20de%20menos%20de%2080.>
- [18] MedlinePlus, “Respiración”. [En línea]. Disponible: https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/9026.htm#:~:text=%C3%89sta%20consiste%20en%20la%20expulsi%C3%B3n,sean%20expulsados%20de%20los%20pulmones.
- [19] neurolabcenter, “Respuesta galvánica de la piel”. [En línea]. Disponible: <https://neurolabcenter.com/gsr/>.
- [20] MedlinePlus, “Temperatura corporal”. [En línea]. Disponible: [https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001982.htm#:~:text=La%20temperatura%20corporal%20normal%20cambia,F%20\(37%C2%B0C\).](https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001982.htm#:~:text=La%20temperatura%20corporal%20normal%20cambia,F%20(37%C2%B0C).)
- [21] Neurofeedback, “¿Qué son las ondas cerebrales?”. [En línea]. Disponible: <https://www.neurofeedback.cat/que-son-las-ondas-cerebrales/>.
- [22] Baptist Health South Florida, “Datos acerca del cortisol: La hormona que combate el estrés ayuda a mantener saludable el metabolismo y el sistema inmunológico”. [En línea]. Disponible:

<https://baptisthealth.net/baptist-health-news/es/datos-acerca-del-cortisol-la-hormona-que-combate-el-estres-ayuda-a-mantener-saludable-el-metabolismo-y-el-sistema-inmunologico/>.

- [23] R. Appaji and M. Najib, “Electroencephalogram”. [En línea]. Disponible: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563295/>, 2022.
- [24] Neurocenter, “Ondas cerebrales”. [En línea]. Disponible: <https://neurocenter.com/neurofeedback/ondas-cerebrales/>, 2021.
- [25] S. Bravo, “Electroencefalograma (EEG)”. [En línea]. Disponible: <https://proyectoidis.org/electroencefalograma-eeg/>, 2019.
- [26] Aprendizaje humano, “Factor Fisiológico”. [En línea]. Disponible: <https://aprendizajehuman.blogspot.com/2013/03/factor-fisiologico.html>, 2019.
- [27] P. Trujillo Molina and N. González Julio, “Nivel de estrés académico en estudiantes de postgrado de la facultad de educación en la universidad cooperativa de colombia, sede bogota,” 2019, [En Línea]. Disponible: http://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12668/1/2019-estres_academico_estudiantes.pdf
- [28] M. Jerez Mendoza and C. Oyarzo Barría, “Estrés académico en estudiantes del Departamento de Salud de la Universidad de Los Lagos OsornoAcademic”. [En línea]. Disponible: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-92272015000300002&script=sci_abstract
- [29] P. Verma and S. K. Sood, “A comprehensive framework for student stress monitoring in fog-cloud IoT environment: m-health perspective,” *Med Biol Eng Comput*, vol. 57, no. 1, pp. 231–244, Jan. 2019, doi: 10.1007/s11517-018-1877-1.
- [30] C. Sreedevi Uday and A. J. Jyotsna, “Detection of Stress using Wearable Sensors in IoT Platform,” pp. 1–7, 2018, doi: 10.1109/ICICCT.2018.8473010.
- [31] B. Rodic-Trmcic, A. Labus, Z. Bogdanovic, M. Despotovic-Zrakic, and B. Radenkovic, “Development of an IoT system for students’ stress management,” *Facta universitatis - series: Electronics and Energetics*, vol. 31, no. 3, pp. 329–342, 2018, doi: 10.2298/fuee1803329r.
- [32] N. Jin, X. Zhang, Z. Hou, I. Sanz-Prieto, and B. S. Mohammed, “IoT based psychological and physical stress evaluation in sportsmen using heart rate variability,” *Aggression and Violent Behavior*. Elsevier Ltd, 2021. doi: 10.1016/j.avb.2021.101587.

- [33] Z. Zainudin, S. Hasan, S. M. Shamsuddin, and S. Argawal, "Stress Detection using Machine Learning and Deep Learning," *J Phys Conf Ser*, vol. 1997, no. 1, Aug. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1997/1/012019.
- [34] M. Farhan et al., "IoT-based students interaction framework using attention-scoring assessment in eLearning," *Future Generation Computer Systems*, vol. 79, pp. 909–919, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.future.2017.09.037.
- [35] L. Rachakonda, A. Kothari, S. P. Mohanty, E. Kougianos, and M. Ganapathiraju, "Stress-Log: An IoT-based Smart System to Monitor Stress-Eating". *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, Mar. 2019, doi: 10.1109/ICCE.2019.8661959
- [36] G. Shanmugasundaram, S. Yazhini, E. Hemapratha, and S. Nithya, "A Comprehensive Review on Stress Detection Techniques," 2019. doi: 10.1109/ICSCAN.2019.8878795.
- [37] V. G. Rajendran, S. Jayalalitha, and K. Adalarasu, "EEG Based Evaluation of Examination Stress and Test Anxiety Among College Students," *IRBM*, 2021, doi: 10.1016/j.irbm.2021.06.011.
- [38] A. Uzelac, N. Gligoric, and S. Krco, "A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using Internet of Things," *Comput Human Behav*, vol. 53, pp. 427–434, Jul. 2015, doi: 10.1016/j.chb.2015.07.023.
- [39] P. Shekhar Pandey, "Machine Learning and IoT for Prediction and Detection of Stress," *17th International Conference on Computational Science and Its Applications*, pp. 1–5, 2017, doi: 10.1109/ICCSA.2017.8000018.
- [40] J. Francisti, Z. Balogh, J. Reichel, M. Magdin, Š. Koprda, and G. Molnár, "Application Experiences Using IoT Devices in Education," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 20, pp. 1–14, Oct. 2020, doi: 10.3390/app10207286.
- [41] T. Karthick, M. Sangeetha, M. Ramprasath, and K. Ananthajothi, "Continuous Activity-Aware Stress Detection Using Sensors," *Wirel Pers Commun*, 2021, doi: 10.1007/s11277-021-08791-8.
- [42] S. Gedam and S. Paul, "Automatic Stress Detection Using Wearable Sensors and Machine Learning: A Review," 2020. doi: 10.1109/ICCCNT49239.2020.9225692.

- [43] A. Kumar, K. Sharma, and A. Sharma, “Hierarchical deep neural network for mental stress state detection using IoT based biomarkers,” *Pattern Recognit Lett*, vol. 145, pp. 81–87, May 2021, doi: 10.1016/j.patrec.2021.01.030.
- [44] A. Mustafa, M. Alahmed, B. Soudan, and A. Alhammadi, “Stress Detector System Using IoT and Artificial Intelligence,” *2020 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)*, 2020, doi: 10.1109/ASET48392.2020.9118345.
- [45] P. P. Ray, D. Dash, and D. De, “Analysis and monitoring of IoT-assisted human physiological galvanic skin responsefactor for smart e-healthcare,” *Sensor Review*, vol. 39, no. 4, pp. 525–541, Jul. 2019, doi: 10.1108/SR-07-2018-0181.
- [46] M. Ionita Ciolacu, L. Binder, and H. Popp, “Enabling IoT in Education 4.0 with BioSensors from Wearables and Artificial IntelligenceRomania.,” *25th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging*, 2019.
- [47] L. Plewa, C. P. San, and L. Obispo, “iStress: Stress Classification from Heart Rate Variability”, [Online]. Available: <https://console.developers.google.com/storage/>
- [48] Python, “El tutorial de Python — documentación de Python - 3.10.2”. [En línea]. Disponible: <https://docs.python.org/es/3/tutorial/index.html>, 2022.
- [49] Scikit Learn development, “Scikit Learn, Machine Learning in Python”. [En línea]. Disponible: <https://scikit-learn.org/stable/>, 2022.
- [50] Laravel, “Laravel - The PHP Framework For Web Artisans”. [En línea]. Disponible: <https://laravel.com/docs/8.x>, 2022.
- [51] Visual Studio Code, “Edición de código Redefinido”. [En línea]. Disponible: <https://code.visualstudio.com/#powerful-debugging>, 2022.
- [52] Muse, “EEG-Powered Meditation & Sleep”. [En línea]. Disponible: <https://choosemuse.com/muse-app/>, 2022.
- [53] MySQL, “¿Qué es MySQL?”. [En línea]. Disponible: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/what-is-mysql.html>, 2022.
- [54] IBM, “What is logistic regression?”. [En línea]. Disponible: <https://www.ibm.com/topics/logistic-regression#:~:text=Resources->

,What%20is%20logistic%20regression%3F,given%20dataset%20of%20independent%20variables.

- [55] IBM, “Random Forest”. [En línea]. Disponible: <https://www.ibm.com/cloud/learn/random-forest>, 2022.
- [56] A. Kumar, “Data Science: AdaBoost Classifier”. [En línea]. Disponible: <https://medium.datadriveninvestor.com/data-science-adaboost-classifier-4879a45c4300>, 2021.
- [57] JavaPoint, “Support Vector Machine Algorithm”. [En línea]. Disponible: <https://www.javatpoint.com/machine-learning-support-vector-machine-algorithm>, 2022.
- [58] James Clutterbuck, “Mind Monitor”. [En línea]. Disponible: <https://mind-monitor.com/#page-top>.
- [59] Claudia Toribio Ferrer and S. Franco Bárcenas, “Estrés académico el enemigo silencioso del estudiante”. [En línea]. Disponible: https://www.unsis.edu.mx/revista/doc/vol3num7/A2_Estres_acad.pdf
- [60] L. Balsamiq Studios, “Life’s too short for bad software!”. [En línea]. Disponible: <https://balsamiq.com/>.
- [61] Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca, “Universidad del Papaloapan”. [En línea]. Disponible: <https://www.unpa.edu.mx>.