PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE ESMERALDAS



ESCUELA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

TESIS DE GRADO

DISEÑO DE UN SISTEMA INFORMÁTICO QUE PERMITA LA DETECCIÓN DE ESTRÉS A TRAVEZ DE LA VOZ.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

AUTOMATIZACIÓN Y APLICACIONES INTELIGENTES

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

AUTOR:

DRUET RODRÍGUEZ ALAN XAVIER

ASESOR:

DRA. FRANYELIT SUAREZ

ESMERALDAS, mayo 2019

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de Grado de la PUCESE previo a la obtención del título de INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN.

……..

DRA. Franyelit Suarez

Tutor de Tesis

……..……..

Mgt. Wilson Chango

Lector 1

…….

Mgt. Manuel Nevarez

Lector 2

……..…….…….

Mgt. Xavier Quiñonez Ku

Director de la Escuela de Sistemas y Computación

……..

Mgt. Maritza Demera Mejía

Secretaria general PUCESE

Fecha:

AUTORÍA

Yo, **ALAN XAVIER DRUET RODRÍGUEZ** portador de la cédula de identidad **0803463264** declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo a la obtención del título de "Ingeniero de Sistemas y Computación" son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola, exclusiva responsabilidad legal y académica.

……..…….....

Alan Xavier Druet Rodríguez

C.I. 080346326-4

CERTIFICACIÓN

DRA. Franyelit Suarez docente investigador de la PUCESE, certifica que:

La investigación realizada por **ALAN XAVIER DRUET RODRÍGUEZ** bajo el título **"DISEÑO DE UN SISTEMA INFORMÁTICO QUE PERMITA LA DETECCIÓN DE ESTRÉS A TRAVEZ DE LA VOZ"** reúne los requisitos de calidad, originalidad y presentación, además de haber sido incorporadas al documento final, las sugerencias dadas; en consecuencia, está en condiciones de ser sometida a la valoración del Tribunal encargada de juzgarla.

Y para que conste a los efectos oportunos, firma la presente en Esmeraldas, abril del 2018.

DRA. Franyelit Suarez.

ASESOR

DEDICATORIA

Mi trabajo de investigación lo dedico con todo mi amor a mis padres **Rodríguez Sevillano Maira** y **Druet Estacio Felipe** por su sacrificio y entrega a lo largo de mi lucha por salir adelante, por darme el mejor regalo que un padre puede darle a su hijo que es la educación, que, aunque hemos pasado por momentos difíciles siempre buscaron darnos a mis hermanos y a mí lo mejor.

El apoyo de mi familia a lo largo de mi vida estudiantil jugo un papel muy importante para superar cada una de las etapas por las cuales avance, nunca hizo falta un consejo de mis padres, nunca hizo falta tantas bonitas palabras para alentarme y sobre todo los abrazos para demostrarme cuando les importo.

Por todo lo antes mencionado y más, dedico esta investigación a **Dios** que es quien guía mi camino, me protege y ama.

Quiero expresar lo mucho que **AMO** a toda mi familia y que este logro nuevo obtenido no hubiese sido posible si ustedes me hubiesen llegado a faltar.

AGRADECIMIENTO

Primero agradecerle a **Dios** por todo lo bello que nos ha brindado, también le quiero agradecer por todas aquellas personas que ha colocado en mi camino, que, a pesar de no ser fácil, ha sido muy favorable y emotivo.

Agradezco a mis padres **Maira Rodríguez** y **Felipe Druet** por ser los pilares que sostienen nuestra familia, me encuentro muy agradecido con **Dios** por ser fruto de estas dos maravillosas personas que han trabajado arduamente por darme un estudio de calidad para estar preparado y enfrentarme a las adversidades que en este mundo yace. No podría olvidar a mis hermanos **Felipe Druet**, **Bryan Druet**, **Kevin Druet** ellos siempre estuvieron ahí para mí, no sé qué haría si me faltan mis amados hermanos.

Agradezco también a mis abuelos **Aida Sevillano**, **Alfonso Rodríguez** y **Luisa Estacio** que me han brindado su apoyo con sus fabulosos consejos que nunca me hicieron falta cuando necesité.

Aunque la lista de personas a las que aprecio muchísimo es un poco extensa, quiero resaltar el gran cariño y amistad de **Cecilia Velasco**, por su apoyo incondicional en todo momento que lo necesité, a pesar de tener poco tiempo conociéndola como mi jefa, ella me ha tratado como a un hijo siempre velando por mi bienestar.

A mi asesora **DRA. Franyelit Suarez** porque con sus consejos y regaños supo orientarme durante el tiempo de desarrollo de mi investigación.

Sin más que aportar, concluyo dando mis más sinceros sentimientos de gratitud a todos aquellos que intervinieron en mi vida estudiantil, emocional, laboral y espiritual.

RESUMEN

El estrés es una enfermedad que apareció el siglo pasado como un fenómeno presente en diferentes tipos de personas, cuyas características variaban de una a otra pero que las manifestaciones de estrés permanecían iguales entre ellas. Así pues, aparece esta situación como una característica del organismo ante diferentes estresores o motivadores de la situación de estrés. Una persona con poca motivación suele presentar problemas familiares y sociales, ya que se encuentra en una situación incómoda de salud, donde no le resulta posible adaptarse a ella y el organismo lo evidencia como una situación de estrés. La persona estresada puede tener un mal desempeño en el trabajo, así como sueño constante y otras características que le afectan en su día a día. Muchas enfermedades del sistema nervioso se ven afectadas por el estrés emocional que pueda sufrir el individuo. En este trabajo se desarrolló un sistema que permite la evaluación de los niveles de estrés en las personas, de tal manera que se analiza la voz de los pacientes y a través de las vibraciones sonoras hace posible determinar el nivel de salud del paciente. Para el desarrollo se empleó inteligencia artificial, para hacer posible la detección de este mal fue necesario la creación de un aplicativo con dichas cualidades de detección y que podría ser utilizado como una poderosa herramienta a favor de nuestros médicos. Entre los resultados encontrados está la detección del estrés a través del espectro de la voz y la generación de reportes esto con la finalidad de que el paciente lleve presente como este evoluciona con cada uno de los exámenes que este se realiza.

Palabras clave: estrés en las personas, inteligencia artificial, sistema médico, salud ocupacional

ABSTRACT

Stress is a disease that appeared last century as a phenomenon present in different types of people, whose characteristics varied from one to another but the manifestations of stress remained the same among them. Thus, this situation appears as a characteristic of the organism in the face of different stressors or motivators of the stress situation. A person with little motivation usually presents family and social problems, since he is in an uncomfortable situation of health, where it is not possible to adapt to it and the organism evidences it as a stress situation. The stressed person can have a bad performance at work, as well as constant sleep and other characteristics that affect him in his day to day. Many diseases of the nervous system are affected by the emotional stress that the individual may suffer. In this work a system was developed that allows the evaluation of stress levels in people, in such a way that the voice of the patients is analyzed and through the sound vibrations it is possible to determine the patient's level of health. For the development artificial intelligence was used, to make possible the detection of this evil it was necessary to create an application with these detection qualities and that could be used as a powerful tool in favor of our doctors. Among the results found is the detection of stress through the spectrum of the voice and the generation of reports, with the purpose of allowing the patient to keep present how this evolves with each one of the exams that is performed.

Keywords: stress in people, artificial intelligence, medical system, occupational health

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS ix

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE ANEXOS xi

GLOSARIO xii

INTRODUCCIÓN 1

JUSTIFICACIÓN 3

OBJETIVOS 5

OBJETIVO GENERAL 5

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 5

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO 6

1.1. ANTECEDENTES 6

1.2. BASES TEÓRICAS 8

1.2.1. Inteligencia Artificial 8

1.2.2. El Estrés Humano 9

1.2.3. La Voz 12

CAPÍTULO II: MATERIALES Y METODOS 19

2. METODOLOGÍA 19

2.1. MÉTODO DE ESTUDIO 19

2.2. TECNICAS E INSTRUMENTOS 19

CAPÍTULO III: RESULTADOS 26

3. Requisitos 26

3.1. Modelado de Base de Datos 27

3.2. Diagrama de Caso de Uso General 29

3.3. Metodología de desarrollo 29

3.4. Requerimientos funcionales y no funcionales 29

3.4.1. Ingreso al aplicativo 30
3.4.2. Administración de Doctores 30
3.4.3. Administración de Pacientes 31
3.4.4. Administración de Frases 31
3.4.5. Administración de Citas 32
3.4.6. Auditoria 33
3.4.7. Examen 33
3.4.8. Análisis de Resultados 34
3.4.9. Base de Datos 35
3.4.10. Información Almacenada 35
CAPÍTULO IV: PROPUESTA 37
4. Descripción de funcionalidades 37
4.1. Validación de la propuesta 50
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN 56
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES 57
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES 58
REFERENCIAS 59
ANEXOS 61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Red neuronal artificial 9
Figura 2: Caracterización del habla 12
Figura 3: Proceso de filtro 14
Figura 4: Filtro ventana Blackman 15
Figura 5: Contraste entre ruido blanco y ruido café en el espectro de la voz 16
Figura 6: Espectro de la voz en humanos 17

Figura 7: Arquitectura cliente-servidor 20

Figura 8: Proceso de diagnóstico del estrés, desde la entrada de voz, hasta el reporte de notificación final, incluyendo los procesos intermedios para su determinación. 22

Figura 9: Modelado de base de datos 28

Figura 10: Diagrama de Caso de Usos 29

Figura 11: Diagrama de clasificación de niveles de estrés 36

Figura 12: Login del sistema 38

Figura 13: Ventana principal para usuarios de tipo normal 39

Figura 14: Ventana principal para usuarios de tipo administrador 39

Figura 15: Ventana registro de pacientes 40

Figura 16: Ventana historial de pacientes 40

Figura 17: Reporte individual de examen del paciente 41

Figura 18: Reporte general de exámenes del paciente 42

Figura 19: Ventana agendar cita 43

Figura 20: Notificación de cita agendada 43

Figura 21: Constancia de cita 44

Figura 22: Ventana de lectura 45

Figura 23: Ventana de análisis 45

Figura 24: Ventana de examen 46

Figura 25: Ventana de examen 47

Figura 26: Ventana gestión de usuarios 47

Figura 27: Ventana gestión de frases 48

Figura 28: Ventana gestión de citas 48

Figura 29: Reporte de citas emitidas por fecha 49

Figura 30: Ventana de auditoria 50

Figura 31: Evaluación de rendimiento de software 54

Figura 32: Test de estrés de centro de salud 54

Figura 33: Test de estrés con software propuesto 55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de parámetros de calificación de eficiencia algorítmica 51

Tabla 2: Tabla de efectividad primera semana 51

Tabla 3: Tabla de efectividad segunda semana 52

Tabla 4: Tabla de efectividad de algoritmo 52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Captura del espectro de voz grabado 61

Anexo 2: Captura de la ventana FMI 62

GLOSARIO

RNA	Redes Neuronales Artificiales
FMI	Función de Modo Intrínseco
EMD	Descomposición de Modo Empírico
CMB	Fondo de Microondas Cósmico
CMBR	Radiación de Fondo de Microondas Cósmica
HRV	Variabilidad del Ritmo Cardíaco
IRE	Índice de Reactividad al Estrés

INTRODUCCIÓN

Dentro de la mayoría de instituciones, se ve planteado alcanzar altos niveles de servicio y eficacia al momento de brindar los mismos, esto con la finalidad de adquirir un bienestar productivo, económico o incluso mejorar su reputación; en el día a día personas que poseen un empleo se ven sometidos a extensas jornadas de trabajo, además de tener que cumplir roles familiares que muchas veces ocupan parte del tiempo que esta debería destinar para su empleo, situaciones como esta generan que las personas entren a un estado de estrés que poco a poco con el pasar del tiempo consume sus habilidades y disminuyen su desempeño diario frente a cualquier situación.

El estrés o síndrome general de adaptación, es una enfermedad presente en las personas donde el eje hipo suprarrenal produce la activación de sustancias que desencadenan en una situación de estrés. Es por ello que surge como un complemento en el desmejoramiento de la salud. Una persona con estrés no tendrá el mismo desempeño en su ambiente laboral, familiar y social.

Las exigencias actuales de las empresas suelen ocasionar que los trabajadores tengan más presión en la jornada laboral, lo que ocasiona una mayor probabilidad para el desencadenamiento del estrés. Produciendo que los trabajadores sean menos efectivos en el trabajo y menos afectivos en sus relaciones personales.

Una institución que no se preocupe por el bienestar de sus trabajadores, se ve direccionada al fracaso puesto que los trabajadores son los encargados de que esta se mantenga y continúe sus labores sin ningún tipo de novedad; La persona al ignorar o tomar al estrés como algo diminuto corre el riesgo de enfermarse con mayor facilidad, puesto que su despreocupación lo lleva a no cuidarse, esta afección desencadena muchas enfermedades que tienden a tardar en su recuperación y promete dejar marcas psicológicas que hacen a la persona aún más vulnerable.

La carencia de conocimiento sobre este mal que afecta a las personas, genera que en muchas instituciones este sea obviado y no se tomen las medidas adecuadas para la prevención del mismo, en toda institución se debería optar por poseer sistemas que brinden la detección de este mal procurando llevar un seguimiento del estado de los

trabajadores, para que estos tomen medidas correctivas y disminuyan cualquier tipo de afección.

La Organización Mundial de la Salud [1] define salud como un estado general del individuo, que incluye su estado emocional y físico. Por tanto, las empresas deben garantizar la salud de sus trabajadores, a través de programas que motiven al mejoramiento continuo de la misma. La mejor forma de promover estas prevenciones es a través del conocimiento preventivo de las enfermedades, que en este caso se plantean como la evaluación constante del estado de ánimo en las personas para garantizar su mejor desempeño en el trabajo y en la vida cotidiana.

El sistema aquí propuesto pretende ofrecer una herramienta tecnológica a la unidad de servicios médicos ocupacionales, tal que le permita al especialista médico evaluar al personal de las empresas y atacar posibles situaciones de estrés antes que se desencadene en alguna enfermedad de mayor gravedad.

El sistema planteado es multiplataforma, por lo que no tendrá ningún problema con el sistema operativo que se utilice dentro de las instituciones, permite realizar detecciones en un tiempo comprensible y ayuda a las personas a ir observando su progreso tras cada examen que se realice.

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene como objetivo el desarrollo de un aplicativo informático que permita la detección de estrés en el habla de las personas. Este sistema podría llegar a ser de suma importancia dentro de cualquier entorno de trabajo, ya que permitiría evaluar el estado anímico de los trabajadores dentro de cualquier institución de manera inmediata.

Poder determinar el estado anímico de las personas, implica poder ayudar en el desempeño de las mismas para el mejor rendimiento laboral y personal, implica además contribuir en el mejoramiento de la salud de los trabajadores. Este servicio aporta calidad de vida si se aplica de la manera adecuada y apoya al servicio médico ocupacional.

El poder conocer el estado anímico del trabajador, debería ser de gran importancia para toda institución, esto con la finalidad de mejorar los servicios y prestaciones que brindan las mismas, además de brindar un servicio eficiente de detección contribuiría para que el trabajador adopte medidas que permitan mejorar su estado de salud y rendimiento, permitiendo obtener mejores resultados en el campo laboral.

El aplicativo informático no solo detectará el estrés en la persona o trabajador, sino que también permitirá que este se mantenga informado de los exámenes que se realice por medio de notificaciones automáticas y reportes que contaran con los resultados que este adquiera una vez finalizados sus exámenes, esto con la finalidad de que el trabajador pueda visualizar su progreso de manera inmediata.

La presente investigación tiene como beneficiarios directos a los trabajadores que laboran en las distintas instituciones, empresas e industrias, de manera que pueda contribuir al mejoramiento continuo de la salud de los mismos. que pertenecen a algún tipo de institución sea esta pública o privada, para que en estas instituciones promuevan el uso del aplicativo informático.

Debido al avance de la informática en las diferentes áreas de la ciencia, se hace necesaria la integración de la misma para dar aporte a los problemas de salud y bienestar laboral. Recientemente se ha empleado la inteligencia artificial en un sin número de aplicaciones médicas, que tratan con mayor efectividad las variables complejas de carácter no lineal que están presentes en el organismo. La revisión periódica del personal docente puede

contribuir a una mejora sustancial en su puesto de trabajo y en su desempeño óptimo en la jornada laboral.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una aplicación que permita la detección de estrés en la voz de las personas utilizando computación inteligente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los espectros de voz en las personas para su análisis de frecuencia.
- Interpretar las frecuencias vocales para la clasificación de estrés según estándares internacionales.
- Construir un diagrama que muestre la clasificación del estrés por niveles.
- Desarrollar un sistema informático que sirva de apoyo a la consulta médica ocupacional.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES

El estrés es un fenómeno muy frecuente en el mundo laboral, con graves consecuencias para la salud de la persona que lo padece. Esta patología va en aumento debido a los cambios que esté sufriendo el mundo económico y social. Los trabajadores tendrán que ir asumiendo todos estos cambios, posiblemente cada vez más difíciles de superar, pudiendo llevar esta situación a padecer estrés.[2]

Selye [3], define el estrés como la respuesta no específica del cuerpo ante la petición de cambio o como un patrón de reacciones complejo que suele tener componentes psicológicos, cognitivos y de comportamiento, partiendo de esta definición base, se entiende que el estrés es difícil de acotar al ser una respuesta no especifica, que ofrece como punto de partida el estado actual que ha de cambiar. De igual forma, los cambios en el estado no sólo se centran a nivel psicológico sino fisiológico.

La exposición prolongada al estrés laboral está asociada al síndrome de desgaste profesional caracterizado por elevados niveles de agotamiento emocional, que se refiere a la disminución o la pérdida de recursos emocionales, la despersonalización o desarrollo de actitudes negativas hacia los pacientes y, por último, la falta de realización personal, que provoca tendencias a evaluar el propio trabajo de forma negativa. Las consecuencias derivadas del desgaste profesional incluyen fatiga mental, falta de motivación, incremento del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, trastornos musculo esqueléticos bajos niveles de rendimiento, baja productividad y absentismo.[4]

La afección de este mal se concibe, como un proceso de desbalance entre las exigencias de un evento y los recursos con los que cuenta el individuo para hacerle frente. Se encauza el estrés laboral, sobre la actividad productiva del trabajo, donde no se logra satisfacer las necesidades materiales o simbólicas del individuo. Es así, como cada vez es más frecuente que las personas padezcan estrés laboral, relacionándolo con su salud laboral, algunos autores como Atalaya, Crespo y Labrado, coinciden en definir el estrés como el desajuste entre una respuesta adaptativa y demandas externas que son percibidas como amenazantes por sobrepasar las capacidades tanto físicas como

mentales del individuo. En consecuencia, el estrés en el trabajo es comprendido como las reacciones físicas y emocionales que ocurren cuando las exigencias del trabajo no igualan las capacidades del trabajador; es así, como la tensión generada en el proceso de estrés, está mediada por las características de personalidad y/o por procesos psicológicos implicados, según el nivel de intensidad, puede ser positiva para mejorar la capacidad de respuesta o negativa cuando no permite una respuesta adecuada a la demanda del entorno, desencadenando sufrimiento psicológico y enfermedades.[5]

Siendo este mal, una de las causas más comunes por las que se ve afectada la persona en la actualidad, nacen métodos de detección para esta afección, uno de los métodos más funcionales y de menor grado de error es por medio del habla humana. El sistema de producción del habla humana es capaz de transmitir una gran cantidad de información con respecto al texto de una oración, la identidad de un hablante, así como la emoción y el estrés. El estado de ánimo, la emoción, la personalidad y otra información pragmática sobre el estado del hablante están presentes en cada enunciado hablado. En la actualidad, el interés en esta área de investigación aumenta a medida que aumenta el número de aplicaciones potenciales y las emociones vocales también se han estudiado de forma aislada. Alrededor del 25% de la información contenida en una señal de voz se refiere al hablante. El término aceptado para las señales del habla que transmiten información sobre el estrés fisiológico del hablante es "habla estresada".[6]

García [7], indica que a nivel internacional se han practicado estudios a pequeños grupos de poblaciones donde se relacionan los niveles de estrés y los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares en Sudamérica y los resultados revelan que de un grupo de 2.023 personas, con edad promedio de 47 años, 24,2% de los pacientes presentaban ansiedad, 22,7% padecen depresión y 6,1% sufre trastornos de ansiedad y depresión simultáneamente, alteraciones sicológicas derivadas de los niveles de estrés.

Por otra parte Sánchez[8], en su investigación menciona que las líneas de investigación se centran en desarrollar métodos para diagnosticar el estrés. Uno de estos se basa en el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (en adelante HRV, del inglés heart rate variability), que es el que se ha seguido. La HRV no es más que la capacidad que tiene el sistema cardiovascular para adaptar el ritmo cardíaco a las necesidades en cada momento determinadas por una actividad normal del individuo. El estrés, en este caso, se identifica como una variabilidad anómala de este ritmo respecto a un individuo sano,

provocando trastornos en el funcionamiento de este sistema. Esto lleva a las enfermedades comentadas al comienzo, y de ahí la importancia de su diagnóstico.

1.2. BASES TEÓRICAS

1.2.1. Inteligencia Artificial

Desde Alan Turing [9], la inteligencia artificial es destacada como ciencia que trata de establecer las bases para el posterior desarrollo de un conjunto de técnicas destinadas a dotar a las máquinas de una cierta autonomía ha representado un sueño para el hombre. Sus esfuerzos para lograr que la máquina sea lo más autónoma posible no han cesado nunca. Sin embargo, con el advenimiento del llamado progreso tecnocientífico, en los últimos años el desarrollo de la inteligencia artificial nos hace cuestionar sobre el futuro que como humanidad nos espera.

Redes Neuronales Artificiales

Una red neuronal artificial es un conjunto de modelos matemáticos-computacionales reales e ideales de una red neuronal y se emplea en estadística psicológica e inteligencia artificial. Las RNA no son más que un modelo artificial y simplificado del cerebro humano, es un nuevo sistema para el tratamiento de la información cuya unidad básica de procesamiento está inspirada en la célula fundamental del sistema nervioso humano: la neurona.[10]

Tipos de Redes Neuronales Artificiales (RNA)

Las RNA son modelos matemático computacionales que poseen una elevada capacidad de generalización y de tratamiento de problemas tanto lineales como no lineales, no requieren un conocimiento exhaustivo de la distribución de las variables en estudio.[11] Existen varios tipos de redes neuronales entre las cuales se pueden destacar las siguientes:

- Perceptrón simple: El modelo más sencillo de red neuronal es el perceptrón simple, se trata de una red de propagación hacia adelante, monocapa (no contiene capas ocultas) con función de activación limitador fuerte o limitador fuerte simétrico.[11]
- Perceptrón multicapa: Entre los diversos modelos que existen de RNA el más utilizado como aproximador universal de funciones resulta el perceptrón multicapa

asociado al algoritmo de aprendizaje backpropagation error (propagación del error hacia atrás), también denominado método de gradiente decreciente.[11]

- Backpropagation: El algoritmo de aprendizaje backpropagation es un algoritmo de descenso por gradiente que retropropaga las señales desde la capa de salida hasta la capa de entrada optimizando los valores de los pesos sinápticos mediante un proceso iterativo que se basa en la minimización de la función de coste. Por ello, puede dividirse el algoritmo en dos fases.[11]

En la Figura 1 se puede apreciar el comportamiento de una red neuronal artificial, en ella se observa que la red posee al menos tres capas, donde una es la de entrada y otra es de la salida, siendo necesaria al menos una intermedia. Estas capas deben ir interconectadas para garantizar el flujo de información.

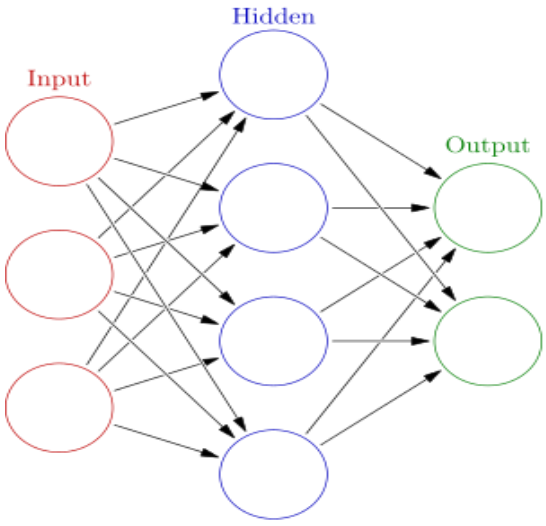


Figura 1: Red neuronal artificial

1.2.2. El Estrés Humano

El término estrés proviene de un concepto físico y se refiere a la fuerza que se aplica a un objeto para deformarlo o romperlo. Fue introducido por primera vez en el ámbito de la salud en 1956 por Selye, que lo definió como la respuesta general del organismo ante cualquier estímulo estresor o situación estresante; no hacía referencia al estímulo, sino a la respuesta a éste.[12]

El estrés es un desequilibrio entre las demandas del ambiente y la capacidad de respuesta de una persona bajo condiciones en las que el fracaso ante esta demanda tiene consecuencias importantes. Han existido discusiones científicas controvertidas sobre si el estrés era un estímulo o una respuesta. Peiró [12] señala que el estrés es un fenómeno

adaptativo de las personas que contribuye, en buena medida, a su supervivencia, a un adecuado rendimiento en sus actividades y a un desempeño eficaz en muchas esferas de la vida. El estrés es la respuesta del organismo a las amenazas que recibe y a las percepciones de riesgo que sufre, puede tener diferentes modalidades y no sólo una respuesta genérica a los factores que suponen una dificultad, un reto o una amenaza.

Fases del Estrés

Melgosa [13], indica que el estrés consta de tres etapas así mismo se refiere también, que no aparece de repente sino más bien es un proceso.

- La fase de alarma: es la primera parte del proceso que se presenta. Dentro de la misma se presenta un aviso claro de la presencia del agente estresante. Inicialmente se presentan todas aquellas reacciones fisiológicas. Los eventos que producen la alarma pueden ser de naturaleza única, referente a una única situación o de naturaleza polimorfa, referente a una combinación de situaciones.
- La fase de resistencia: se presenta luego de la fase de alarma cuando el estrés persiste. En esta fase el organismo presenta la motivación para solucionar los efectos del estrés, pero a su vez se agota.
- Fase de agotamiento: es la última fase del estrés donde se caracteriza por la ansiedad, agotamiento, depresión y fatiga.

Tipos de Estrés

Según Echeburúa [14], existen dos tipos de estrés los cuales se distinguen por factores que afectan de forma emocional a la persona.

Los tipos de estrés destacados en su artículo son los siguientes:

- El estrés positivo: Está relacionado con la vitalidad y el vigor físico, el entusiasmo, la lucidez mental, la resistencia a la enfermedad, las relaciones humanas adecuadas y la alta productividad. En definitiva, el eustrés está asociado a la mejor creatividad del ser humano.
- El estrés negativo o distrés. Al seguir aumentando el estrés, disminuyen la salud y el rendimiento. El distrés surge cuando hay un desequilibrio entre las demandas del entorno y los recursos del individuo, sobre todo si el desfase es muy grande o

se prolonga en el tiempo. En estos casos las personas no saben manejarse en situaciones de incertidumbre.

¿Cómo se Origina el Estrés en las Persona?

El estrés humano tiene su origen en las situaciones en las que el individuo o persona se enfrenta a sí mismo y no se siente satisfecho o no logra resultados que esta espera.

- Estrés en el trabajo.

Cerca del sesenta por ciento de la población adulta pasa por muchas dificultades en el manejo de su estrés en el ámbito laboral. Esto se puede citar como una de las principales fuentes de estrés en la vida de las personas.[15]

- Estrés en las relaciones personales.

En muchos casos una mala relación en el matrimonio, el divorcio, o un noviazgo son principales fuentes de estrés tanto hombres como mujeres. Para la mayoría, es muy difícil lidiar con los dolores y problemas emocionales debido a sus propias relaciones. [15]

- Estrés financiero.

El aumento de la utilización de tarjetas de crédito y la fácil accesibilidad a préstamos personales ha hecho que las personas gasten más de lo debido, y luego es difícil terminar con créditos y deudas enormes. Esto se convierte cada vez en una mayor fuente de estrés para las personas, donde comúnmente existe mucha falta de conocimiento financiero, lo cual agrava aún más sus situaciones.[15]

Influencia del Estrés en la Salud Humana

El estrés puede derivar de algo que ocurre a nuestro alrededor o de lo que ocurre en nuestro interior. Puede derivar de un problema laboral, de una crisis familiar o de un ataque de ansiedad o inseguridad. Puede ser intermitente, pasajero o crónico. El efecto principal del estrés es la movilización del sistema “lucha, huida o miedo” del cuerpo. Pero supongamos que como ocurre tan a menudo en la vida moderna, el estrés que sufre una persona no requiere de ningún tipo de acción.[15]

1.2.3. La Voz

El análisis de la voz inicia a mediados de la década de los años 60. El habla se considera como uno de los sistemas biométricos más eficaces, debido a su naturalidad. Se ha podido comprobar que los patrones con que una persona dice una palabra son únicos.[16]

El habla humana es un medio por el cual se encuentran desarrollados en su mayor parte sistemas que facilitan la cotidianidad de las personas, esto gracias a su fácil implementación y alto grado de confiabilidad.

Tratamiento de la Voz

El tratamiento de voz funciona mediante la digitalización de diferentes palabras de una persona. Cada palabra se descompone en segmentos, de los cuales se obtienen 3 o 4 tonos dominantes que son capturados en forma digital y almacenados en una tabla o espectro, que se conoce con el nombre de plantilla de la voz. [16]

En la Figura 2 se puede apreciar la forma del espectro vocal cuando este es capturado, se observa que la señal presenta diferentes frecuencias a lo largo de su trayectoria, pudiendo ser posible algunos picos más altos y otros más bajos, lo que indica una determinada característica en la voz del hablante, estas características son las que se asocian al estado de ánimo de las personas.



Figura 2: Caracterización del habla

Método de Descomposición de Modo Empírico (EMD)

A diferencia de la transformada de Fourier, la DEM-THH es una técnica para analizar procesos reales o naturales que en su mayoría son señales no lineales y no estacionarias, esta capacidad le confiere una utilidad invaluable para el análisis y estudio de las ST económicas y financieras. El corazón de esta técnica es la DEM que consiste en un proceso de eliminación de ruido de una señal para adquirir los componentes oscilantes, dicho procedimiento es denominado algoritmo de cernido o tamizado. Como anteriormente se mencionó, los componentes que son adquiridos mediante la filtración de la señal original se les nombra como FMIs, dicho apelativo es utilizado porque representa el modo de oscilación embebido en los datos.[17]

Función de Modo Intrínseco (IMF)

Para que una señal depurada sea considerada una FMI debe de cumplir con dos requisitos: a) el total de extremos y la cantidad de cruces por cero debe de ser iguales o distinto a lo sumo por uno, b) El promedio o media de la envolvente determinado por el mínimo local y máximo local, en cualquier lugar del espacio es igual a cero. La FMI al cumplir estas condiciones asegura que esta solo implicada en un sólo modo de oscilación, dando como resultado que no se admitan ondas complejas incrustadas en la señal. El proceso de cernido es descrito a continuación.[17] y se apoya en la ecuación (1) donde se ha considerado la envolvente superior e inferior para el análisis, así como la interpolación de los mínimos locales.

- Determinar el total de máximos y mínimos locales de la señal de entrada o ST x(t).[17]
- Obtener la envolvente superior esup(t) mediante la interpolación de los máximos locales. Obtener la envolvente inferior einf(t) mediante la interpolación de los mínimos locales.[17]
- Calcular el promedio de la envolvente superior (i-ésimo) y de la envolvente inferior[17]

$$mi(t) = \frac{\text{esup+einf(t)}}{2} \quad (1)$$

En la Figura 3 se muestra como el proceso de filtrado realizado en el espectro de voz, en ella se observa que los picos de la señal se van suavisando hasta obtener

una señal sin picos, sino con líneas suaves que indican una carcaterística menos brusca de la señal.

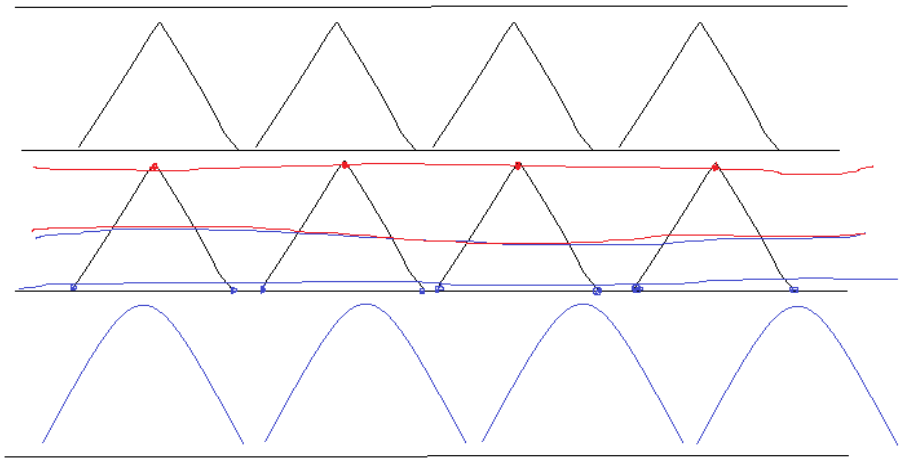


Figura 3: Proceso de filtro

Interpolación

Se ha desarrollado un algoritmo de interpolación usando los polinomios de Newton en diferencias divididas, de tal forma que, en principio, es libre del orden o grado del polinomio. Para hacer eficientemente la interpolación se han usado dos criterios que hacen de esta la más consistente posible con los puntos discretos dados. Estos criterios son el de Simetría y el de Monotonía. Estos criterios, aplicados en conjunto, permiten determinar el grado del polinomio óptimo a utilizar durante una interpolación.[18]

Simetría

El criterio de la simetría consiste en escoger la distribución de puntos lo más simétricamente posible, alrededor de donde se desee interpolar. Esto se puede hacer de dos maneras: mediante el número de puntos o mediante la distancia de influencia, a uno y otro lado del punto donde se vaya a interpolar. En el caso de intervalos irregulares, la segunda opción se convierte en un criterio de Proximidad, que no requiere necesariamente que los puntos estén ordenados. En el caso de intervalos regulares una de las formas implica a la otra. En cualquier caso, el número de puntos próximos lo determina el criterio de monotonía descrito abajo. En los extremos del intervalo que contiene a los puntos, a veces es imposible seguir el criterio de simetría de forma estricta, y entonces se hace necesario en su lugar seguir el criterio de proximidad, si se desea alcanzar un mayor orden de monotonía como se explica abajo.[18]

El criterio de simetría tiene otra ventaja. Por ejemplo, en los esquemas de diferencias finitas centradas, las formulaciones presentan un menor error, que cuando no lo son, usando inclusive el mismo número de puntos.[18]

Filtro de Ventana Blackman

Las ventanas de tipo Blackman son muy similares a las de Von Hann solo que esta se encuentra dada de la siguiente manera:

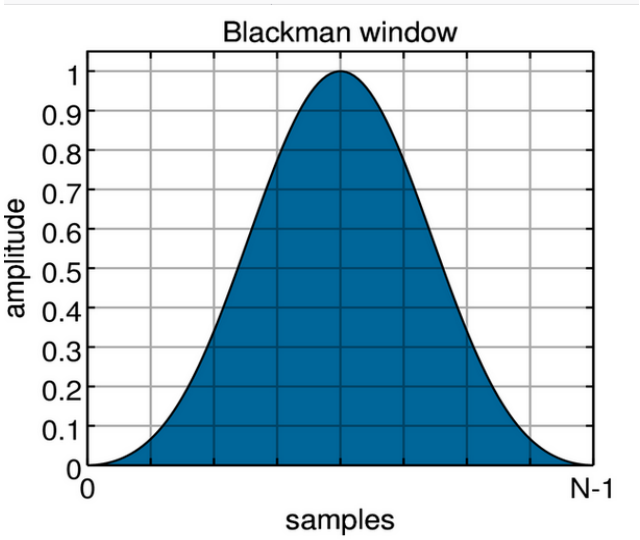


Figura 4: Filtro ventana Blackman

Basándonos a la Figura 4, El término coseno adicional produce una reducción adicional en la amplitud de las oscilaciones por efecto Gibbs. El factor de ripple, considerando ωs=10 rad/s es de 0.08 para N=11, y de 0.12 para N=101. Por su parte, el ancho del lóbulo principal se ve incrementado a 6 ωs / N.[19]

Ruido Browniano

Este ruido presenta una máxima autocorelación, al aumentar la frecuencia, con un decremento de -6 dB por octava. "Caminata aleatoria" = movimiento browniano. La derivada de ruido Browniano es ruido blanco. El movimiento Browniano de una partícula, descubierto por Einstein, se debe a colisiones aleatorias y permite modelar fenómenos de difusión y agregación, en distintas disciplinas. Este ruido, en términos de color, también se denomina ruido café ("brown" es una coincidencia). La integral de un ruido blanco es un ruido Browniano.

En la Figura 5 se muestra las ondas de los ruidos blanco y café esto en función del tiempo, se observa la diferencia sustancial de cada representación, donde el ruido blanco presenta crestas bruscas bien definidas, mientras el ruido café presenta crestas más suaves, pero tiene una tendencia no lineal.

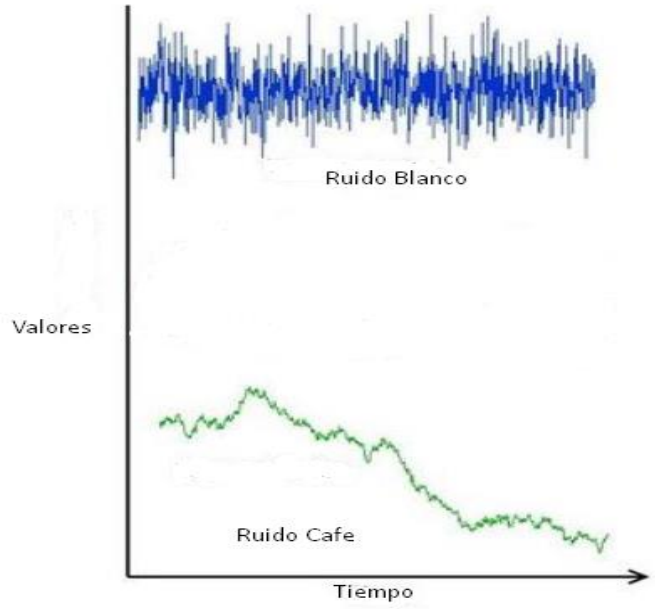


Figura 5: Contraste entre ruido blanco y ruido café en el espectro de la voz

Características de la Voz

La voz se ve caracterizada por poseer los siguientes elementos:

El timbre lo determinan los armónicos componentes de una onda sonora compleja que permite diferenciar los sonidos que provienen de orígenes diferentes y las formantes características propias de los armónicos, que las adquieren en las cavidades de resonancia-. De acuerdo con el timbre, podemos diferenciar voces brillantes, metálicas, apagadas, etc.[20]

El volumen o intensidad hace referencia a la potencia con que el aire pasa por la laringe y hace vibrar las cuerdas vocales. La intensidad de la voz se mide en decibelios (dB) y varía entre 30 y 120 dB. De acuerdo con la intensidad, diferenciamos entre voz floja (menos de 50 dB), voz conversacional (entre 50 y 65 dB), voz proyectada (entre 65 y 80 dB) y gritos (entre 90 y 110 dB). Los cantantes de ópera pueden alcanzar los 120 dB.[20]

El tono se define como la altura o elevación de la voz que resulta de la frecuencia de las vibraciones de las cuerdas vocales. Es la propiedad de la voz que permite clasificar el sonido en una escala de frecuencia tonal, de más agudo a más grave.

Se llama **duración** el tiempo de extensión de un fono, y velocidad el resultado de las extensiones de los fonos alineados en segmentos: palabras y frases, incluyendo las pausas. [20]

La velocidad está relacionada con diferentes factores como la elocución y el ritmo. A menudo, el aumento de velocidad destinado al ahorro de tiempo se hace a costa de eliminar fonos o de fundir- los, así como de distribuir recortes en la sintaxis, que dificultan la recepción de lo que se expresa. El ritmo es una cadencia particular de la locución que la hace armónica. Se habla de ritmo cuando es posible prever qué seguirá en función de lo que se percibe. [20]

El ritmo puede ser sostenido o irregular. El ritmo sostenido es más agradable, en función de su musicalidad, pero existe el riesgo de acabar cantando. El ritmo irregular se asocia con ciertos estados de ánimo, lo que lo convierte en un parámetro importante de la retórica.[20]

En la Figura 6 se muestra se caracteriza el habla humana, desde su formación en las cuerdas vocales hasta el sonido cuando sale por la boca, pudiéndose observar la trayectoria del sonido y las características acústicas.

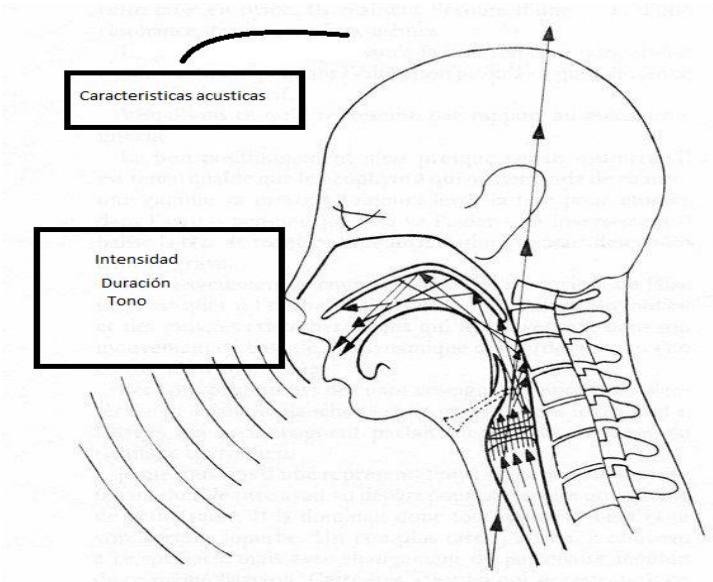


Figura 6: Espectro de la voz en humanos

Ruido Blanco

Este tipo de ruido indica que la densidad espectral es 1 (constante). Autocorrelacion=0.

El ruido blanco es comúnmente conocido también como estetica y un ejemplo notable es el ruido de fondo CMB o CMBR(Cosmic Microwave Background Radiation), que se considera efecto residual del Big Bang. El ruido blanco Gaussian noise refiere a un ruido con espectro de frecuencia (o de potencia espectral) uniforme y amplitud con distribución Gaussiana. La derivada de un ruido Browniano es un ruido blanco.

Clasificación del Nivel de Estrés con la Voz

Según Cercone [6], para la clasificación del estrés mediante el promedio de la frecuencia de la voz son utilizados los siguientes estados:

- **Estado Neutral:** En este estado se considera que la persona no posee estrés y el valor del promedio de la frecuencia de la voz debe estar en el rango de >= 8 Hz y < 12 Hz.
- **Estado medio:** En este estado la persona ya posee un grado de estrés medio y los valores del promedio de la frecuencia de su voz se encuentra en el rango de >= 12 Hz and < 15 Hz.

- **Estado Alto:** En este estado la persona ya posee un grado de estrés alto y los valores del promedio de la frecuencia de su voz se encuentra en el rango de >=15 Hz and <= 17 Hz.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y METODOS

2. METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación se encuentra basado en el tipo de estudio exploratorio con un enfoque bibliográfico, por medio de estos tipos de estudios se busca encontrar los distintos métodos para determinar la presencia de estrés en las personas enfocándose en el habla; finalizando con el diseño de un software capaz de emplear dicho método y hacer efectiva la detección del estrés humano.

2.1. MÉTODO DE ESTUDIO

Los métodos de investigación aplicados en el desarrollo del presente trabajo son los métodos inductivo y deductivo. Se aplica el método inductivo porque se cumple con un proceso lógico y ordenado para realizar la investigación, iniciando desde la recolección de información que es brindada por otros autores con el fin de emplear y analizar resultados que permitan o sean de ayuda para la creación del software detector de estrés en las personas, se emplea también, el método deductivo porque desde un inicio se parte con información generalizada obteniendo de la misma, información más específica o puntual.

2.2. TECNICAS E INSTRUMENTOS

2.2.1. Lenguaje de programación y entorno de programación

Para el desarrollo del software ha sido elegido el lenguaje de programación JAVA en conjunto con la herramienta MATLAB, las razones por las que se elige trabajar con estos son las siguientes:

- JAVA es un lenguaje de programación orientado a objetos.
- MATLAB es una poderosa herramienta matemática que permite importar algoritmos matemáticos en clases compatibles en JAVA.
- JAVA permite realizar interfaces para usuarios de manera rápida.
- JAVA permite realizar fácilmente la escucha y manejo de eventos.
- Independencia del sistema operativo.

2.2.2. Arquitectura de Software

Para el desarrollo del aplicativo se utilizó una arquitectura de tipo **cliente-servidor**, esta arquitectura consiste básicamente en peticiones realizadas por los clientes y estos obtienen una respuesta del servidor.

Ventajas

- Facilita la integración entre sistemas diferentes y comparte información, permitiendo por ejemplo que las máquinas ya existentes puedan ser utilizadas, pero utilizando interfaces más amigables el usuario. De esta manera, se puede integrar PCs con sistemas medianos y grandes, sin necesidad de que todos tengan que utilizar el mismo sistema operativo.
- La estructura inherentemente modular facilita además la integración de nuevas tecnologías y el crecimiento de la infraestructura computacional, favoreciendo así la escalabilidad de las soluciones.

En la Figura 7 se muestra de manera general como funciona la arquitectura del software.

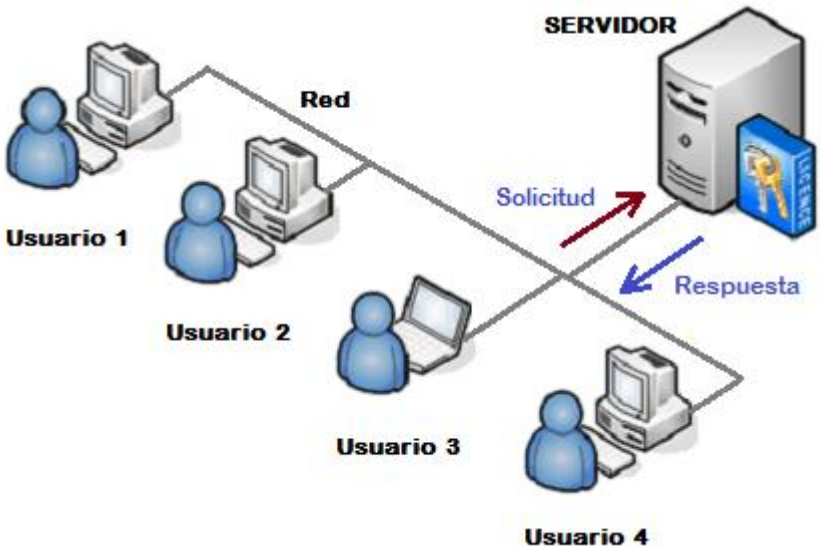


Figura 7: Arquitectura cliente-servidor

2.2.3. Librerías

Las librerías utilizadas para el desarrollo de la aplicación son las siguientes:

- ✓ **mysql-connector-5.1.24.jar**

Como su nombre no indica es la librería encargada de permitir la comunicación con la base de datos de tipo mysql.

- ✓ **Deploy_math.jar**

  Es el conjunto de algoritmos matemáticos que son exportados de Matlab.

- ✓ **AutoCompleter.jar**

  Esta librería permite autocompletar textos.

- ✓ **WavFile.jar**

  Esta librería permite realizar aplicación de ruidos a audios.

- ✓ **LibsVM.jar**

  Esta librería es una herramienta de código abierto que permite realizar clasificación de valores así mismo soporta regresión.

- ✓ **mail.jar**

  Esta librería permite realizar un enlace con correos electrónicos y utilizarlos para él envió y recepción de mensajes desde el aplicativo.

2.2.4. Diagrama de software

El software detector de estrés, recibe una entrada de audio, entrada que usa los siguientes formatos **wav,aiff** y **au**, el audio es captado con ayuda de su interfaz gráfica esta entrada es procesada con ayuda de las clases matemáticas de Matlab para realizar la detección una vez obtenido el valor del promedio frecuencia de la voz. Con ayuda de dicho valor se realiza la detección y se generan dos salidas que son almacenadas en la base de datos, las cuales son **valor promedio de frecuencia de voz y decisión**; Las notificaciones automáticas se realizaran mediante correo electrónico en los cuales se detallaran la hora, fecha y resultados que obtuvo el paciente al finalizar su examen; para el control de avance de avances y mejoras del proyecto se usará la herramienta para el control de versiones **GIT.** En la figura 8 es posible apreciar el proceso de reconocimiento de estrés en las personas, se puede visualizar que la entrada es el espectro de voz, para luego ser procesada, almacenada y finalmente es posible obtener un reporte o notificación.

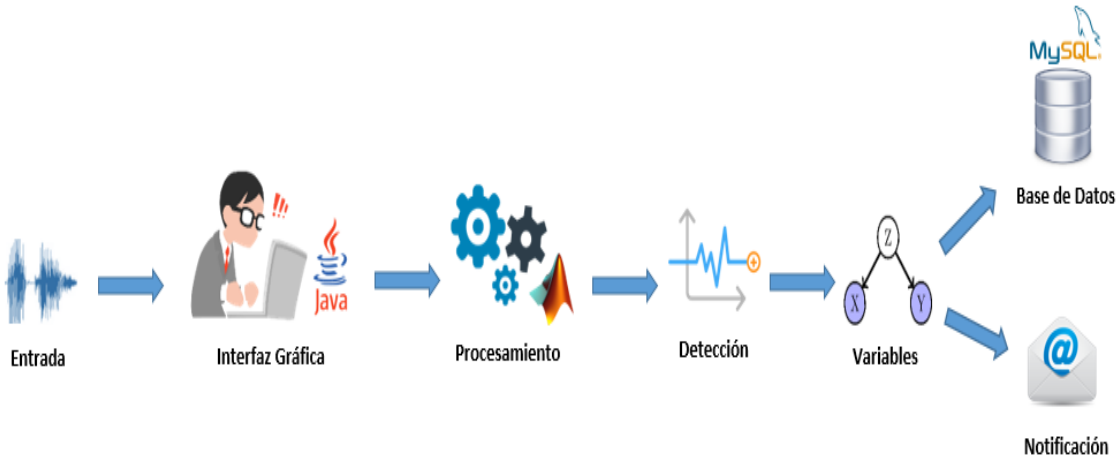


Figura 8: Proceso de diagnóstico del estrés, desde la entrada de voz, hasta el reporte de notificación final, incluyendo los procesos intermedios para su determinación.

2.2.5. Implementación de Algoritmo

La parte más importante del programa es implementar el algoritmo de EMD. El proceso de EMD se divide para mayor claridad en dos partes - el bucle exterior mediante el cálculo de los residuos sucesivos de la función de entrada y un bucle interior que busca para la función especificada del residuo FMI.

El bucle exterior realiza el siguiente cálculo del residuo de la señal de entrada. Después de la función del FMI se calcula encontrando su frecuencia. Si es menos de 4 Hz algoritmo termina la operación. Esto se justifica por el hecho de que la recepción de frecuencia aún más baja no tiene efecto sobre la microtensión señal de detección que, en ausencia de tensión debe estar dentro del rango de 8-12 Hz. Si la frecuencia es mayor de 4 Hz se almacena para su posterior microtensión seleccionar el valor más cercano. La función resultante de FMI se separa de la señal de entrada.

Descripción de clases y métodos más importantes

El lenguaje de programación Java se deriva de la suposición de que todo es un objeto. Por lo tanto, el programa se divide funcionalmente para diversos componentes de la clase que contiene campos que describen el estado del objeto y el método de determinar el comportamiento y las demandas que puede realizar en él. En esta sección se describen las clases más importantes en cuanto a la aplicación del algoritmo de EMD, los campos más importantes y los métodos que pueden ser llamados por sus instalaciones.

Clase audio

Clase diseñada para diversas operaciones en el archivo de audio, incluyendo abrir y guardar archivos en el formato adecuado. Clase, cuando se abre un archivo de audio, permite obtener los datos de la tabla en forma de una matriz de bytes o números de punto flotante de precisión simple. Permite la normalización del archivo de muestra más grande y contiene información sobre el formato de audio predeterminado con el que se ejecuta la aplicación.

Clase IMFFunction

Clase diseñada para el cálculo que se lleva a cabo la función de EMD FMI. Una vez calculada, la función crea un nuevo objeto de la clase.

Clase MicrotremorFunction

La clase que tiene la función del FMI es más cercana a la microtensión intervalo de decidir si existe o no la aparición de estrés.

Método extremum

El método realiza el cálculo de los máximos y mínimos locales en la señal de audio de entrada. La primera y la última muestra se trata como un transitorio y se toman al mismo tiempo que el máximo y el mínimo.

Método Interpolación

Este método se encarga de interpolar los valores de la frecuencia del audio en base a la posición y el valor de los extremos.

Método FrecuenciaPromedio

Este método se encarga de determinar la frecuencia promedio del audio que se genera como entrada en función del número de cruces por cero. El método para calcular las frecuencias no incluye las esquinas de los compartimentos, que se tratan como transitorios. Para una implementación exitosa de la función debe pasar al menos dos veces a través de un cero excepto para los extremos de los compartimentos.

Método Filtro

Este método se encarga de añadir ruido blanco y ruido rojo al audio que se genera como una entrada para el sistema esto con la finalidad de que el audio de entrada tenga una gran calidad eliminando ruidos ambientales y suavizándolo.

Método EMD

Este método se encarga de encontrar las funciones adicionales que cumplen los criterios del FMI en la señal de entrada. El método descompone componentes de la señal a frecuencias más bajas, después de calcular cada función esta determina por el FMI la frecuencia almacenada en el IMFFunction.

Algoritmo de Tiempo

El tiempo de ejecución del algoritmo se basa en la duración de las grabaciones sonoras. En el caso de la grabación tenga una longitud de unos pocos cientos de milisegundos, el programa analiza su contenido en un tiempo satisfactorio. Sin embargo, en el caso de tiempos de grabación sea más largo se necesita un mayor esfuerzo de cálculo, y por lo tanto el tiempo de ejecución del algoritmo será más largo. Cuando se graba por más de un 4 segundo, el programa requiere unos segundos para calcular la frecuencia cerca de la microtensión.

2.2.6. Casos Exentos de Evaluación

Existen casos o circunstancias en las cuales la evaluación del estrés resulta innecesaria ya que siempre estará presente, esta situación se da son los siguientes ejemplos:

- Problemas Coronarios: Se suele elevar la presión sanguínea causando ataques al corazón.
- Problemas Mentales: La salud mental es otro de los campos afectados ya que este estado genera ansiedad, depresión e insomnio.
- Problemas digestivos: Causa y empeora problemas como la irritación de colon, algunas formas de gastritis, náuseas, gastritis, etc.
- Trastornos menstruales: Puede alterar los ciclos menstruales, tantas hormonas sexuales como las del estrés están reguladas por el hipotálamo.

2.2.7. Metodología de para pruebas de eficacia

La prueba de eficacia se basa en la ejecución implementada en el procedimiento de solicitud de las muestras de la base de datos. La aplicación decide claramente la detección de estrés. Durante la prueba de eficacia es necesario adoptar una presunción (como la creación de bases de datos) muestra que se encuentran el estrés y la falta de estrés sobre decir la verdad. Al crear la base de datos, las grabaciones fueron verificadas de forma anónima, y, por lo tanto, el estado emocional de cada uno de los respondedores. Teniendo en cuenta estos dos hechos, es posible comparar los resultados obtenidos con la aplicación de su estado actual. Los resultados del algoritmo se dividieron en cuatro grupos.

- ✓ Verdadero positivo (PP)
- ✓ Verdadero negativo (PN)
- ✓ Falsos positivos (FP)
- ✓ Falsos negativos (FN)

La eficacia del programa se puede presentar como una relación de porcentaje del número de muestras correctamente identificados con el número total de muestras analizadas. Esto muestra la fórmula[21].

$$\text{Sk} = \frac{PP + PN}{PP + PN + FP + FN} * 100$$

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3. Requisitos

Los Requisitos de hardware para ejecutar la aplicación dependen de la versión de la JVM (Java Virtual Machine Máquina Virtual de Java) esta permitirá que se traduzcan las instrucciones del código de bytes de código de programa (código de bytes). Para compilar el código se ha utilizado Java Developer paquete JDK (Java Development Kit) Versión 8. Para utilizar la aplicación es necesario instalar el entorno de ejecución de Java JRE (Java Runtime Environment) Versión 8, que consiste en la máquina virtual de Java y un conjunto de clases y herramientas necesarias para ejecutar un programa escrito en Java. En resumen, los requisitos mínimos de hardware para la aplicación son los requisitos mínimos de Java 8.

Formatos de audio compatibles

El programa se ha utilizado la biblioteca javax.sound.sampled, que apoya las operaciones en archivos de audio. Las aplicaciones que utilizan esta biblioteca le permiten cargar archivos en el formato:

- ✓ ONDA
- ✓ AIFC,
- ✓ AIFF,
- ✓ AU,
- ✓ SND.

La aplicación le permite cargar archivos de audio codificados por:

- ✓ PCM firmado,
- ✓ PCM sin signo; con el muestreo:
- ✓ 8000 Hz,
- ✓ 11025 Hz, • 16000 Hz, • 22050 Hz, • 32000 Hz, • 44100 Hz,
- ✓ 48000 Hz, • 96.000 Hz;

la resolución de bits:

- ✓ 8 bits
- ✓ 16 bits
- ✓ 24 bits

el número de canales:

- ✓ un canal (mono)
- ✓ dos canales (estéreo); el orden de bytes:

La aplicación después de cargar el archivo lo convierte al formato PCM de 16 bits, mono, con una frecuencia de muestreo de 44.100 Hz, y puede grabar en el mismo formato.

Tiempo de duración por análisis

El tiempo de duración de los análisis realizados con el aplicativo, dependen del tiempo de grabación de los audios, según el tiempo de grabación el análisis puede llegar a tardar hasta 10 minutos en caso de que la grabación no sea extensa este puede durar menos de 2 minutos. Se considera grabación extensa a la que pasa de los 9 segundos, por otra parte, con una grabación de 5 segundos es suficiente para que el software detecte la aparición de estrés en la voz.

Distancia de Eliminación de Ruido

La eliminación del ruido ambiental en los audios de entrada al software tiene la limitante de que estos ruidos ambientales son anulados siempre y cuando esos se den a menos de 3 metros del sistema detector.

3.1. Modelado de Base de Datos

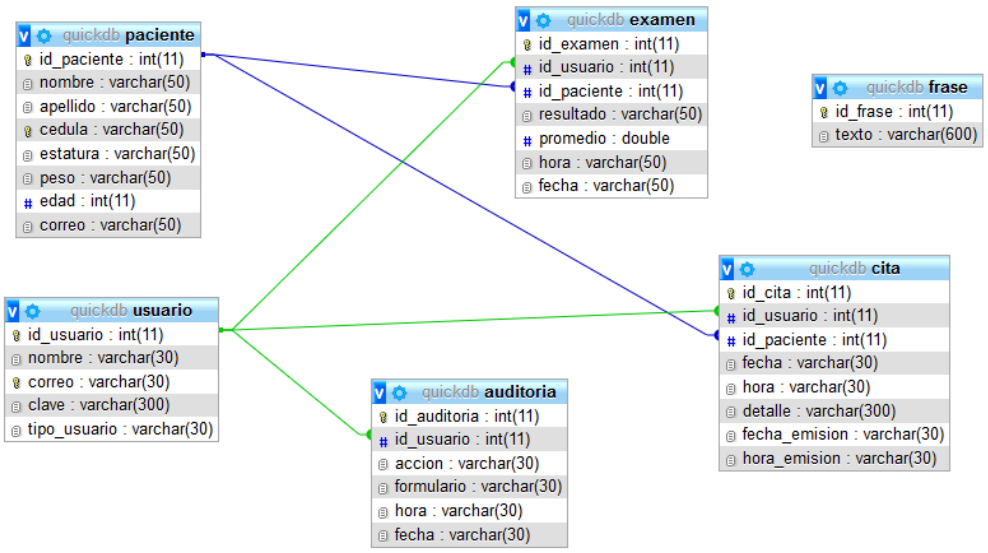


Figura 9: Modelado de base de datos

Como se puede apreciar en la Figura 9, para el desarrollo del sistema se utilizaron 6 tablas las cuales son:

- ✓ **Usuario**

  En esta tabla se almacena la información de los usuarios que tendrán los privilegios de acceso al sistema los campos de la tabla se aprecian en la Figura 9.
- ✓ **Paciente**

  En esta tabla se almacena la información de los pacientes que son atendidos con la ayuda del sistema los campos de la tabla se aprecian en la Figura 9.
- ✓ **Examen**

  Esta tabla almacena la información de los resultados obtenidos en los exámenes que se realizan a los pacientes con ayuda del sistema los campos de la tabla se aprecian en la Figura 9.
- ✓ **Cita**

  En esta tabla se almacena la información de las citas que son agendadas con la ayuda del sistema los campos de la tabla se aprecian en la Figura 9.
- ✓ **Auditoria**

  En esta tabla se almacena la información correspondiente a todas las acciones realizadas por los usuarios en el sistema por ejemplo modificaciones, exámenes, etc. los campos de la tabla se aprecian en la Figura 9.
- ✓ **Frase**

  En esta tabla se almacena la información correspondiente a las lecturas de ayuda para los pacientes al momento de ser examinados los campos de la tabla se aprecian en la Figura 9.

3.2. Diagrama de Caso de Uso General

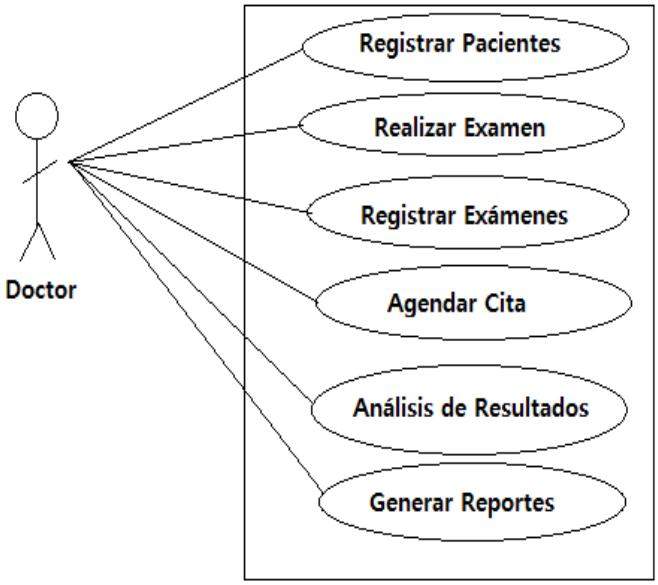


Figura 10: Diagrama de Caso de Usos

En la figura 10, se presenta el diagrama de casos de uso general del aplicativo en donde se detallan las funcionalidades que está en capacidad de realizar el doctor con la ayuda del software detector de estrés.

3.3. Metodología de desarrollo

La metodología de desarrollo utilizada en la presente investigación es la metodología de desarrollo ágil programación extrema o XP, ya que uno de sus objetivos es aumentar la productividad al momento de desarrollar un proyecto software. Dando prioridad a los resultados directos.

Para ello se destinaron dos roles, el autor **Alan Druet** como programador y el Doctor **Simón Bolívar** facilitador de información y medidor de pruebas.

3.4. Requerimientos funcionales y no funcionales

Para la especificación de los requerimientos se utilizó el estándar de IEEE 830

Código:

RF: Requerimiento Funcional

RFN: Requerimiento No Funcional

3.4.1. Ingreso al aplicativo

SISTEMA DETECTOR DE ESTRÉS EN LA VOZ				
Código	**Nombre**		**Grado Necesidad**	
RF_1	Inicio de sesión		Esencial	
Descripción	Es el formulario que permite el acceso de los usuarios al sistemas.			
Entradas	**Fuente**	**Salida**	**Destino**	**Restricciones**
Usuarios del sistema	Formulario de ingreso	Formulario principal	Pantallas	Solo personal registrado en la plataforma puede ingresar.
Proceso	El usuario debe identificarse para obtener la validación de su acceso al sistema.			
Efecto Colateral	Masivo, sin este no se puede ingresar al aplicativo.			

3.4.2. Administración de Doctores

SISTEMA DETECTOR DE ESTRÉS EN LA VOZ				
Código	**Nombre**		**Grado Necesidad**	
RF_2	Administración de Doctores		Esencial	
Descripción	Es el formulario que permite el registro y modificaciones de los Doctores en el sistemas.			
Entradas	**Fuente**	**Salida**	**Destino**	**Restricciones**
Doctores del sistema	Formulario de Administración	Formulario principal	Base de datos	Solo personal registrado en la plataforma puede

				ejecutar las acciones.
Proceso	El administra la información de los Doctores según necesite el sistema.			
Efecto Colateral	No Aplica			

3.4.3. Administración de Pacientes

SISTEMA DETECTOR DE ESTRÉS EN LA VOZ				
Código	**Nombre**		**Grado Necesidad**	
RF_3	Administración de Pacientes		Esencial	
Descripción	Es el formulario que permite el registro y modificaciones de los Pacientes en el sistemas.			
Entradas	**Fuente**	**Salida**	**Destino**	**Restricciones**
Pacientes del sistema	Formulario de Administración	Formulario principal	Base de datos	Solo personal registrado en la plataforma puede ejecutar las acciones.
Proceso	El administra la información de los Pacientes según necesite el sistema.			
Efecto Colateral	No Aplica			

3.4.4. Administración de Frases

SISTEMA DETECTOR DE ESTRÉS EN LA VOZ		
Código	**Nombre**	**Grado Necesidad**

RF_4	Administración de Frases		Esencial	
Descripción	Es el formulario que permite el registro y modificaciones de las Frases en el sistemas.			
Entradas	**Fuente**	**Salida**	**Destino**	**Restricciones**
Frases del sistema	Formulario de Administración	Formulario principal	Base de datos	Solo personal registrado en la plataforma puede ejecutar las acciones.
Proceso	El administra la información de las Frases según necesite el sistema.			
Efecto Colateral	No Aplica			

3.4.5. Administración de Citas

SISTEMA DETECTOR DE ESTRÉS EN LA VOZ				
Código	**Nombre**		**Grado Necesidad**	
RF_5	Administración de Citas		Esencial	
Descripción	Es el formulario que permite el registro y modificaciones de las Citas en el sistemas.			
Entradas	**Fuente**	**Salida**	**Destino**	**Restricciones**
Citas del sistema	Formulario de Administración	Formulario principal	Base de datos	Solo personal registrado en la plataforma puede ejecutar las acciones.

Proceso	El administra la información de las Citas según necesite el sistema.
Efecto Colateral	No Aplica

3.4.6. Auditoria

SISTEMA DETECTOR DE ESTRÉS EN LA VOZ				
Código	**Nombre**		**Grado Necesidad**	
RF_6	Auditoria		Esencial	
Descripción	Es el formulario que permite el registro de todas las acciones realizadas por el Doctor.			
Entradas	**Fuente**	**Salida**	**Destino**	**Restricciones**
Acciones del Doctor	Formulario de Administración	Formulario principal	Base de datos	Solo personal registrado en la plataforma puede ejecutar las acciones.
Proceso	El administra la información de las acciones que realice el Doctor.			
Efecto Colateral	No Aplica			

3.4.7. Examen

SISTEMA DETECTOR DE ESTRÉS EN LA VOZ		
Código	**Nombre**	**Grado Necesidad**
RF_7	Examen	Esencial
Descripción	Es el formulario que permite la detección de estrés en los pacientes y así mismo el registro de los resultados obtenidos en el mismo.	

Entradas	Fuente	Salida	Destino	Restricciones
Exámenes del sistema	Formulario de Administración	Formulario principal	Base de datos	Solo personal registrado en la plataforma puede ejecutar las acciones.
Proceso	El administra la información de las acciones que realice el Doctor.			
Efecto Colateral	No Aplica			

3.4.8. Análisis de Resultados

SISTEMA DETECTOR DE ESTRÉS EN LA VOZ				
Código	**Nombre**	**Grado Necesidad**		
RF_8	Análisis de Exámenes	Esencial		
Descripción	Es el formulario que permite el análisis de los resultados obtenidos en los exámenes.			
Entradas	**Fuente**	**Salida**	**Destino**	**Restricciones**
Exámenes del paciente	Formulario de Administración	Formulario principal	Base de datos	Solo personal registrado en la plataforma puede ejecutar las acciones.
Proceso	Analiza los resultados de los exámenes generando graficas comparativas.			
Efecto Colateral	No Aplica			

3.4.9. Base de Datos

SISTEMA DETECTOR DE ESTRÉS EN LA VOZ				
Código	**Nombre**		**Grado Necesidad**	
RFN_1	Análisis de Exámenes		Esencial	
Descripción	El sistema debe permitir la manipulación de la información por medio de un motor de base de datos.			
Entradas	**Fuente**	**Salida**	**Destino**	**Restricciones**
Esquema de la base de datos	Documentación	Ejecución de consultas	Scripts de la aplicación	La carga de la aplicación de la base de datos debe estar distribuida
Proceso	Las consultas que permiten la interacción de los scripts con la base de datos debe permitir interactuar con el motor de base de datos.			
Efecto Colateral	No Aplica			

3.4.10. Información Almacenada

SISTEMA DETECTOR DE ESTRÉS EN LA VOZ				
Código	**Nombre**			**Grado Necesidad**
RFN_2	Cantidad de Información Almacenada			Esencial
Descripción	El número máximo de información a registrar dependerá de la capacidad del servidor. El sistema debe soportar un número de inscripciones de acuerdo a los recursos de infraestructura.			
Entradas	**Fuente**	**Salida**	**Destino**	**Restricciones**
Infraestructura	Arquitectura del sistema	Número de inscripciones soportadas	Aplicativo de Escritorio	Si se desea incrementar las inscripciones debe

				revisarse la infraestructura.
Proceso	El sistema debe permitir realizar n inscripciones por parte de los visitantes y esto debe ser tenido en cuenta por el administrador del sistema.			
Efecto Colateral	No Aplica			

3.5. Diagrama de Clasificación de Estrés por Niveles

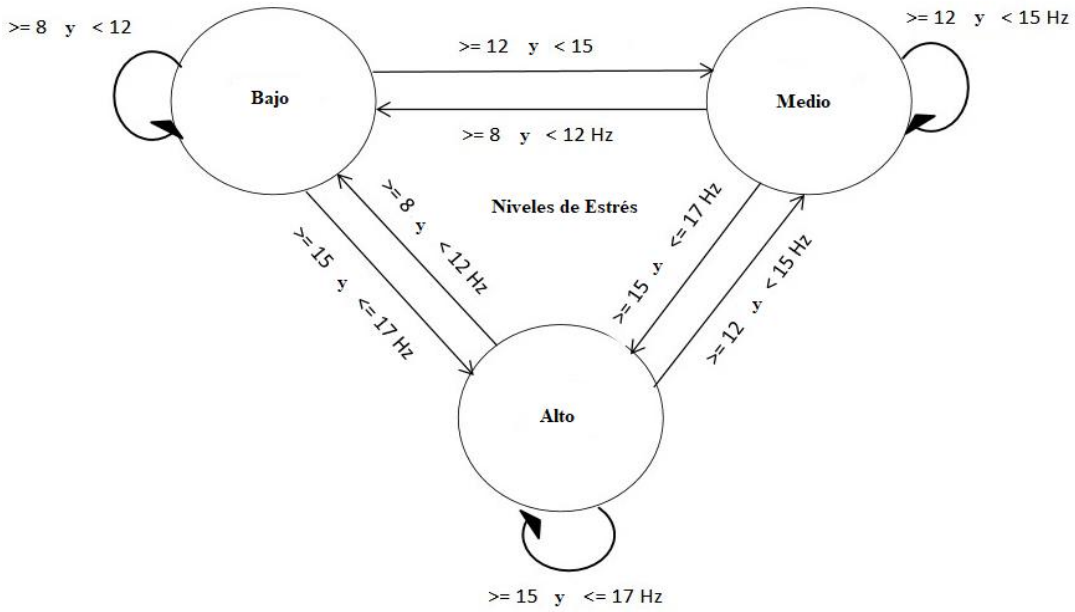


Figura 11: Diagrama de clasificación de niveles de estrés

En la figura 11 se puede observar cómo es clasificado el estrés por niveles. Estos niveles de estrés son clasificados por su valor de promedio de frecuencia(hz) obtenido en la detección por voz con la ayuda del software.

CAPÍTULO IV: PROPUESTA

4. Descripción de funcionalidades

Cuando se carga un archivo de audio, o después de grabarlo, el archivo puede ser analizado. A continuación, se toma una decisión acerca de la aparición de la tensión o estrés en la voz del paciente, y se visualiza en la pantalla de examinación. Además, la función se presenta gráficamente y muestra la frecuencia sobre la base de los cuales se tomó la decisión. Si no hay un componente de señal de la frecuencia microtensión en el rango de 8-12 Hz, se declara al paciente como estresado. La historia de los resultados obtenidos se guarda en una base de datos para luego emitir notificaciones automáticas a correo electrónico del paciente mostrando dichos resultados obtenidos.

Al iniciar el software lo primero que se muestra es el login de acceso como se puede apreciar en la figura 11, para el cual existen dos tipos de usuarios al momento de iniciar sesión estos son: **administrador y normal**.



Figura 12: Login del sistema

El usuario de tipo normal, es el usuario que tiene acceso a una parte del sistema como es a los módulos: **examen, registro de pacientes, historial de pacientes, agendar citas, análisis de resultados, visualización de frases y manual de usuario.**

Por otro lado, el usuario tipo administrador tiene el acceso completo al sistema además de los módulos antes mencionados este pude hacer uso exclusivo de los siguientes: **gestión de usuarios, gestión de frases, gestión de citas y auditoria.**

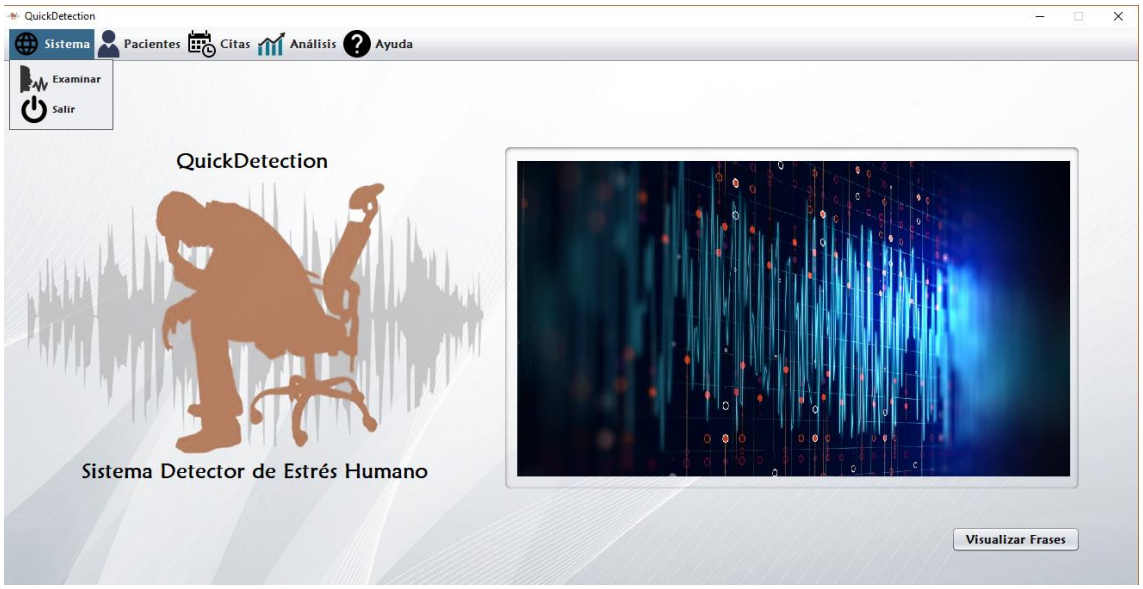


Figura 13: Ventana principal para usuarios de tipo normal

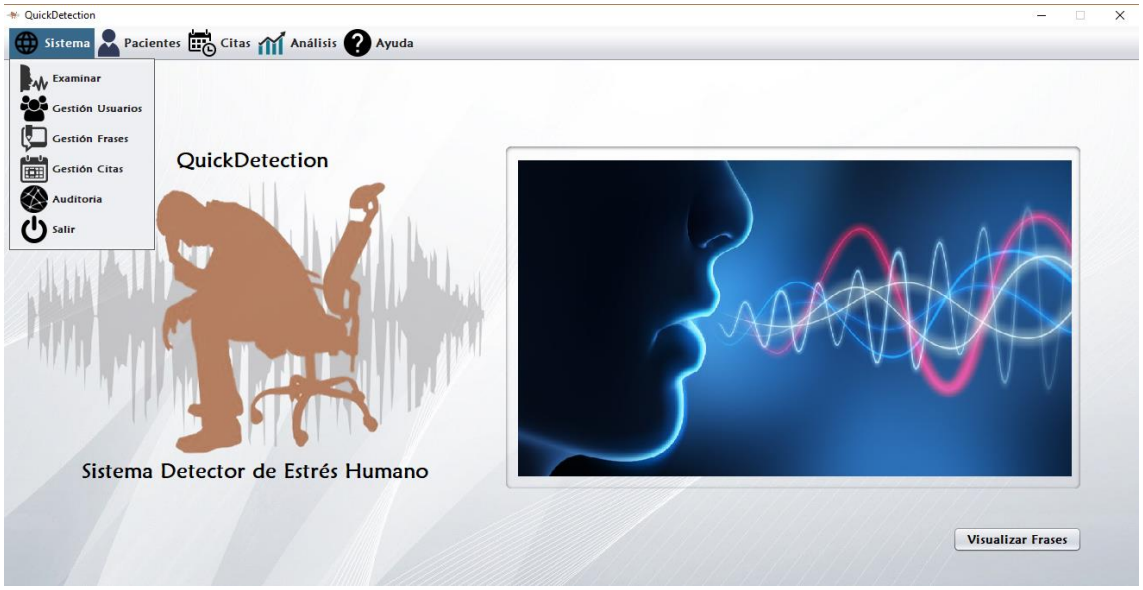


Figura 14: Ventana principal para usuarios de tipo administrador

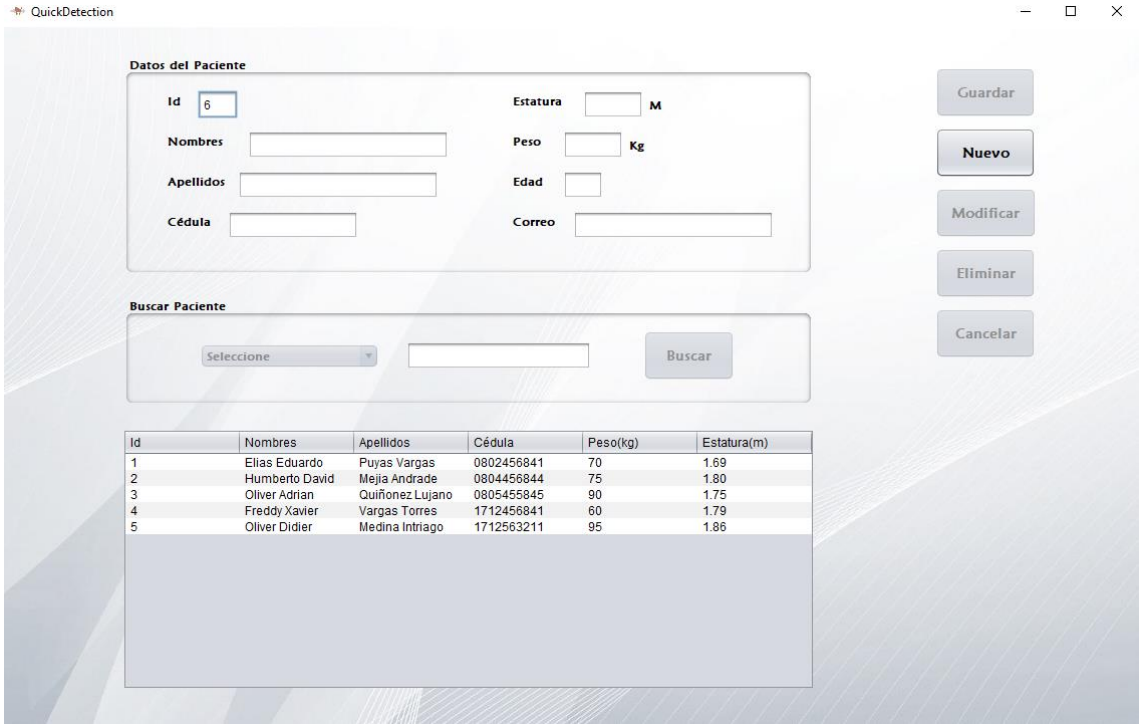


Figura 15: Ventana registro de pacientes

La ventana de registro de pacientes como se puede apreciar en la figura 15 es un módulo completo dedicado a la gestión de los pacientes. Este cuenta con funcionalidades tales como: **registro, consulta, modificación y eliminación** de la información de los pacientes.

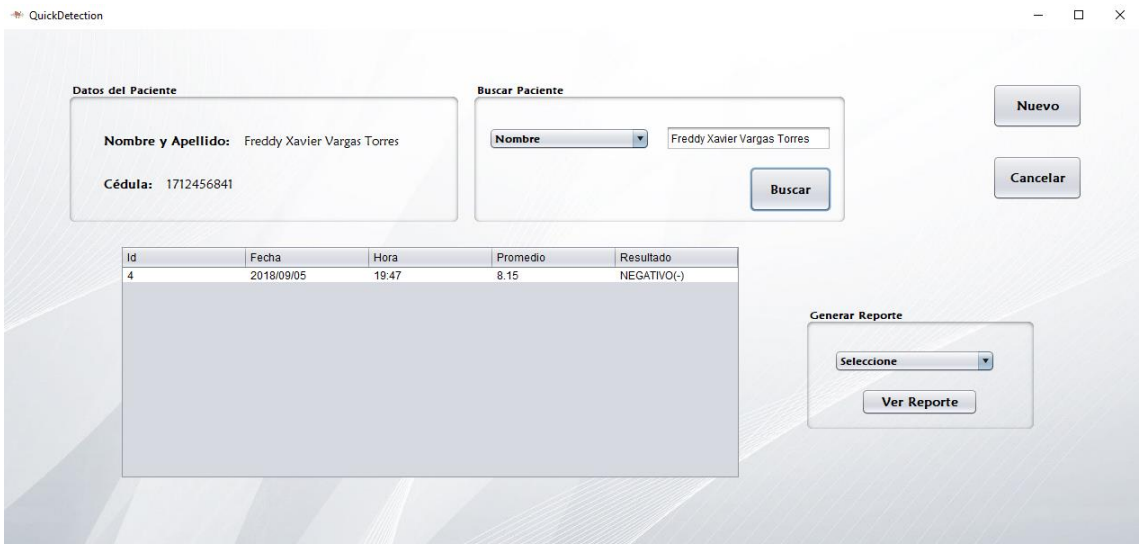


Figura 16: Ventana historial de pacientes

La ventana de historial de pacientes permite rápidamente cargar los exámenes que se ha realiza el paciente solo con ingresar el nombre o la cédula del mismo a de más de permitir generar reportes de estos exámenes.

Estos reportes pueden ser de tipo **individual o general.**

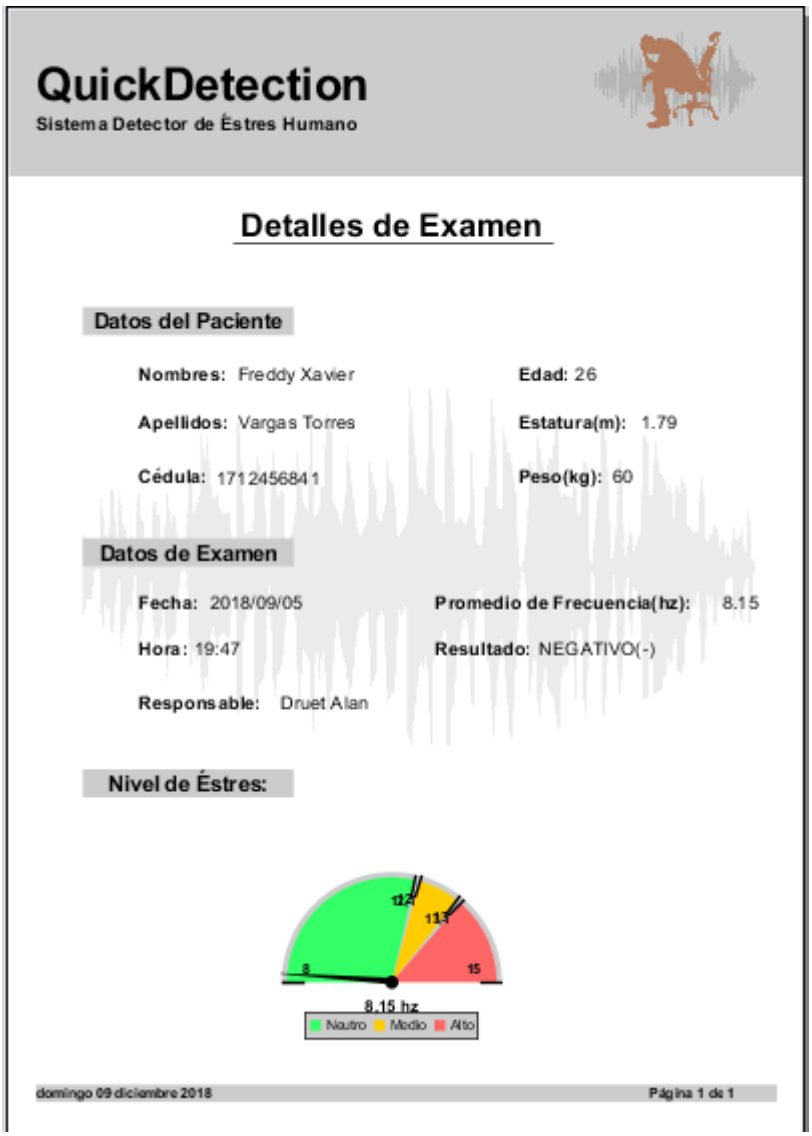


Figura 17: Reporte individual de examen del paciente

En la figura 17 se puede ver un reporte individual de examen del paciente, este reporte se genera señalando un elemento de la tabla dentro de la ventana historial como se puede visualizar en la figura 16.



Figura 18: Reporte general de exámenes del paciente

En la figura 18 se puede ver un reporte general de exámenes del paciente, este reporte se genera presionando el botón ver reporte de la ventana historial como se puede visualizar en la figura 16**.**

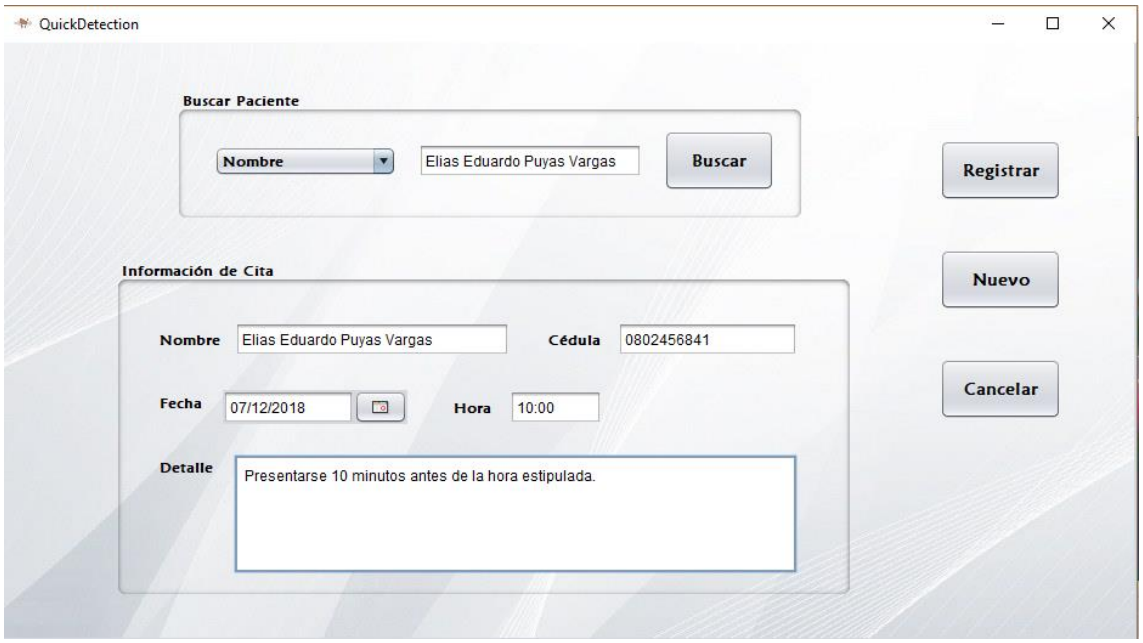


Figura 19: Ventana agendar cita

En la figura 19 se puede visualizar como se realiza el registro de citas por parte del médico o usuario del sistema para eso el paciente pacta con el doctor una fecha y una hora, entonces el doctor procede con el registro de esa información con ayuda de esta ventana.



Figura 20: Notificación de cita agendada

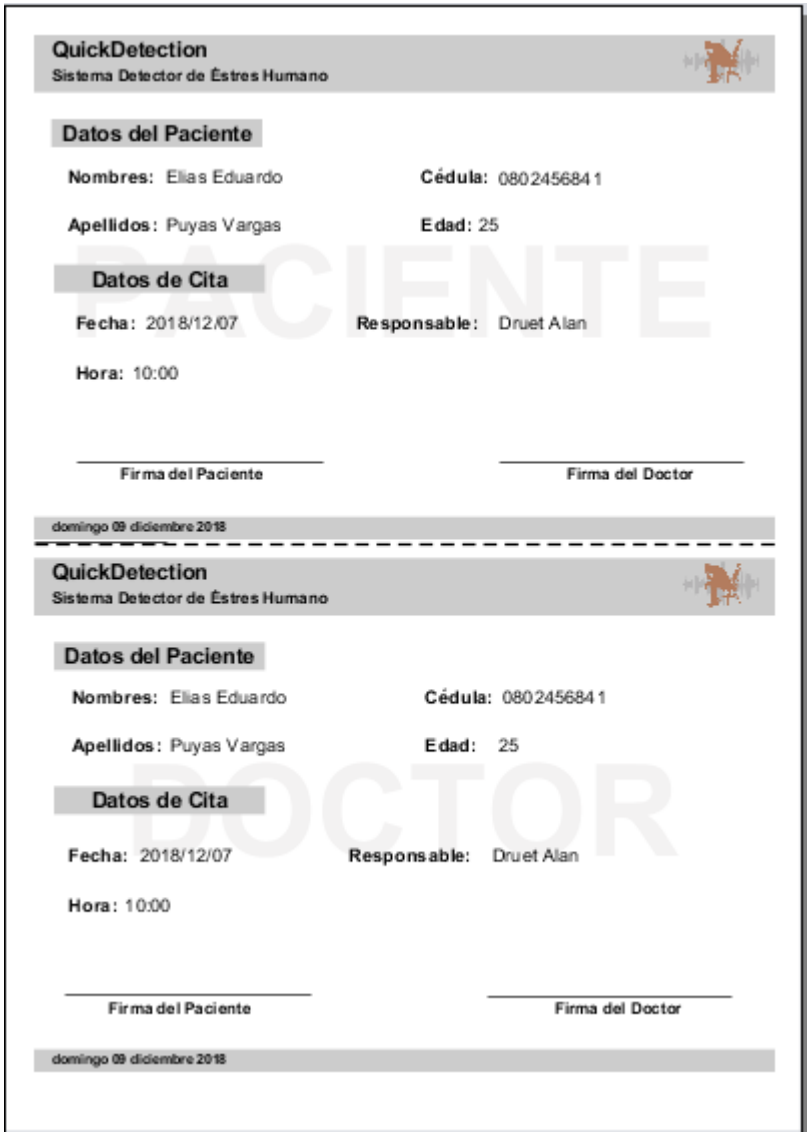


Figura 21: Constancia de cita

Una vez se realiza el registro de la cita el sistema genera la documentación que servirá como constancia de que está pactada la cita como se puede ver en la figura 21, además de recibir una notificación automática a su correo electrónico indicando lo pactado como se puede ver en la figura 20.

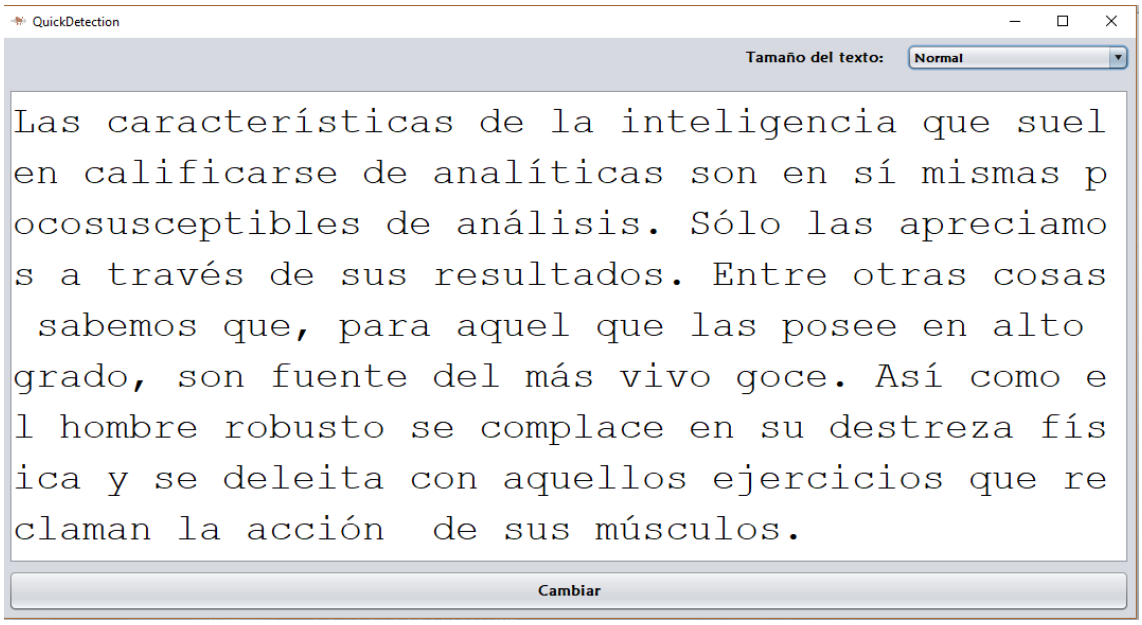


Figura 22: Ventana de lectura

La ventana de lectura como se puede apreciar en la figura 22**,** es una subventana pensada para los pacientes con esta ellos tendrán distintas lecturas que ayuden para la grabación del audio de entrada evitando la improvisación a la hora del examen.

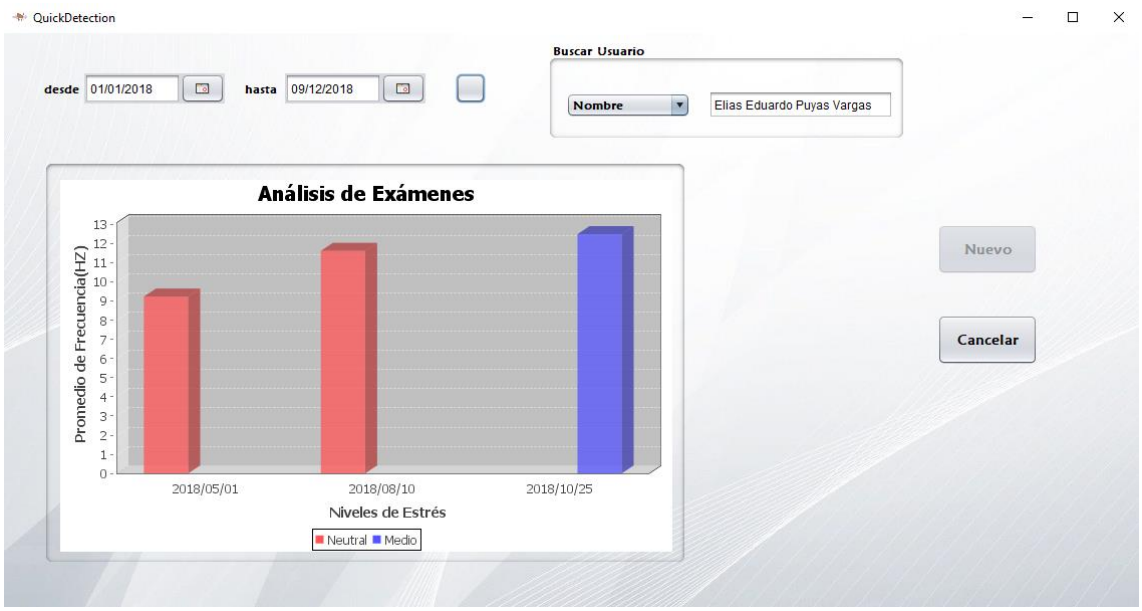


Figura 23: Ventana de análisis

La ventana de análisis que se puede ver en la figura 23, es la encargada de realizar comparaciones de los resultados obtenidos en exámenes de los pacientes esto con la finalidad de que el doctor pueda ver la tendencia del paciente al estrés, esta permite elegir por rangos de fechas los exámenes a comparar.

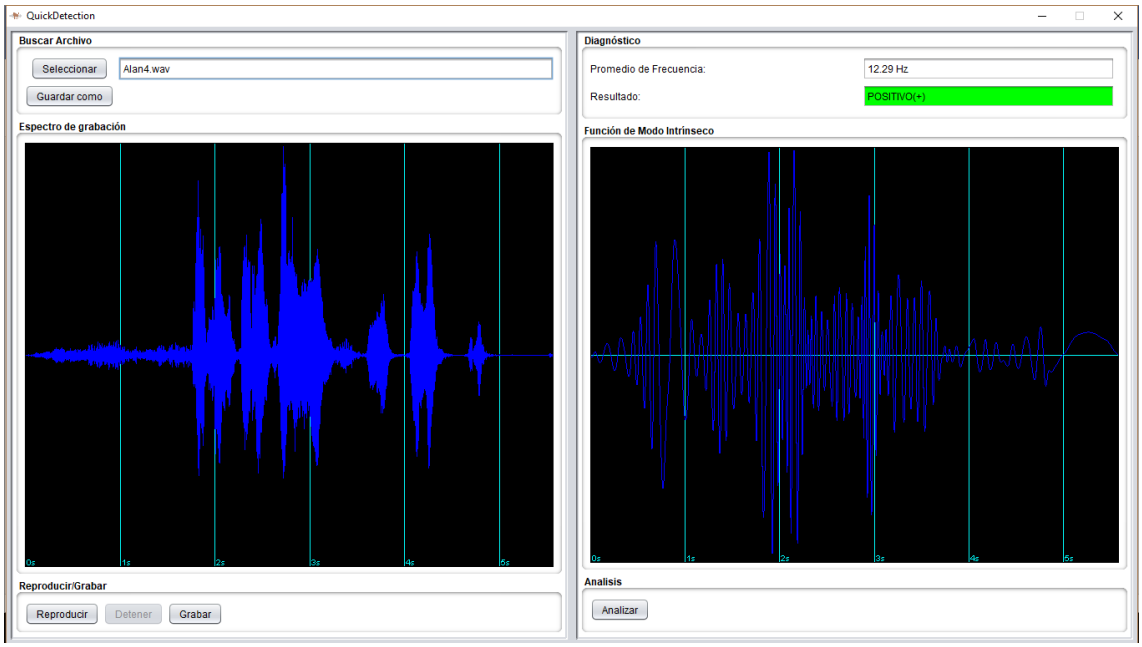


Figura 24: Ventana de examen

La ventana de examen como se puede ver en la figura 24, es la encargada de realizar la detección del el estrés en la voz de los pacientes para esto tenemos dos formas de hacerlo o bien con una grabación externa o grabando en el mismo instante, una vez el audio es grabado o cargado el sistema permite visualizar el espectro del mismo y su duración en segundo, luego de esto se procede con el análisis del audio de entrada, el análisis tarda según el tiempo que dure el audio de entrada una vez el sistema termine el análisis este le mostrara el **promedio de frecuencia** obtenido en el examen a además de confirmar **POSITIVO(+)** o negar **NEGATIVO(-)** la aparición de estrés en el mismo.

Después de terminar el análisis se despliega una subventana que recibe los resultados obtenidos en el examen del paciente y permite registrarlos en el historial del mismo una vez se realiza este registro el sistema realiza la notificación al paciente con el contenido de los resultados obtenidos en su examen la ventana se puede apreciar en la figura 25.

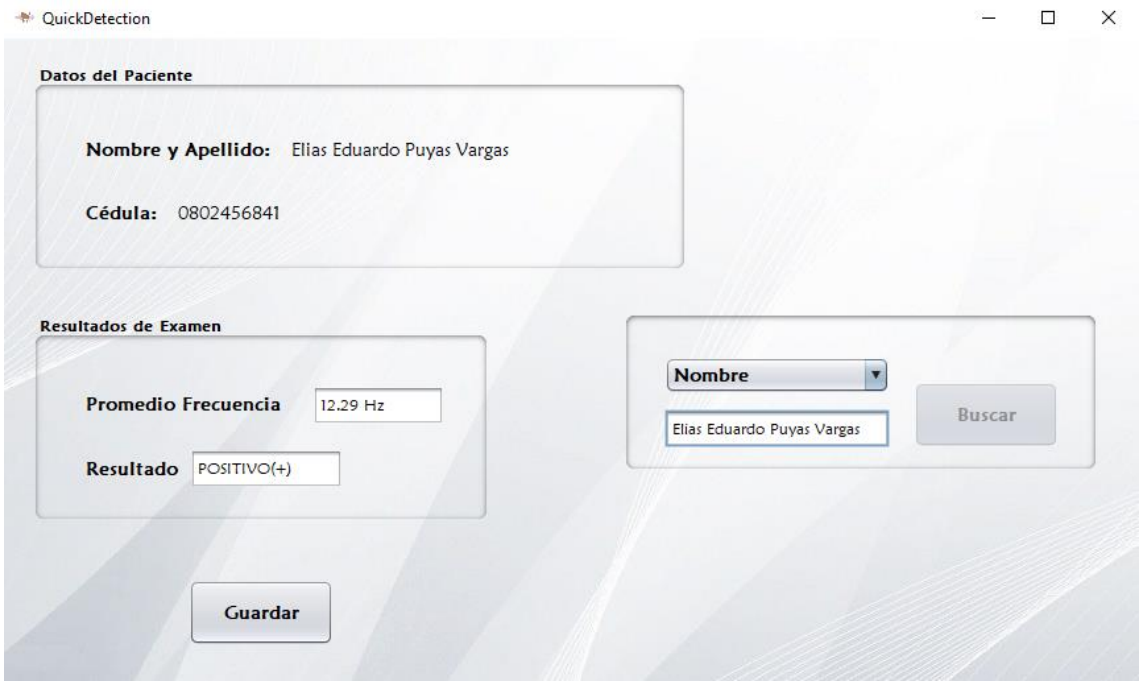


Figura 25: Ventana de examen

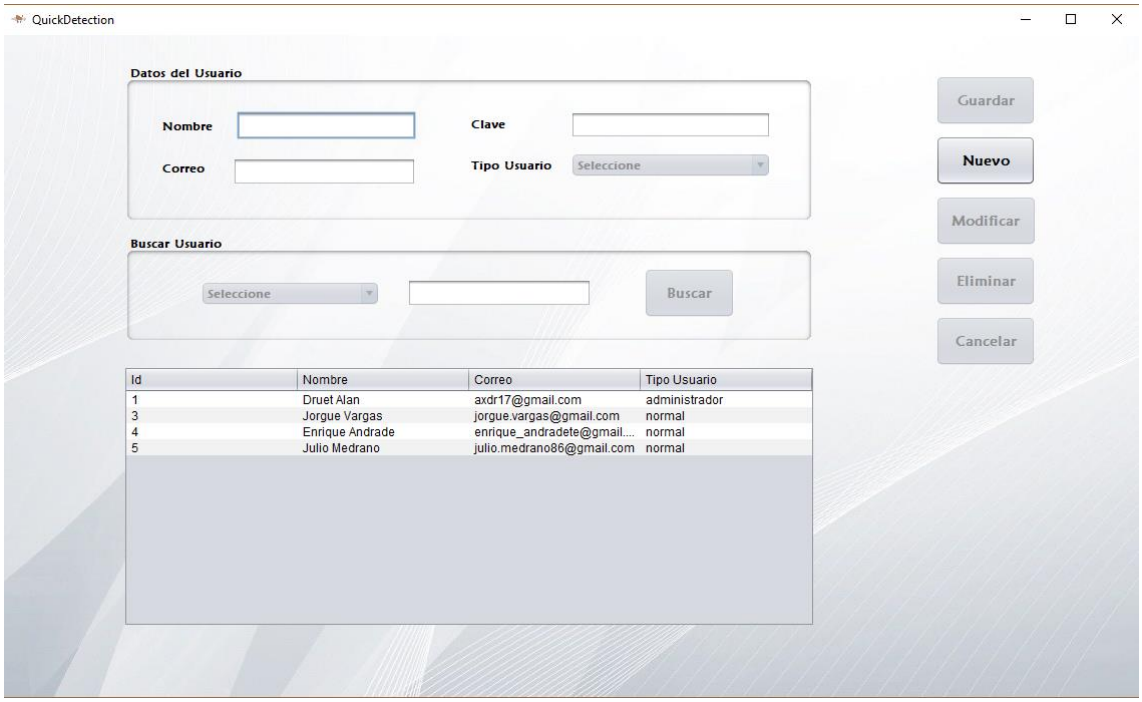


Figura 26: Ventana gestión de usuarios

La ventana de gestión de usuarios como se puede apreciar en la figura 26 es un módulo completo dedicado a la gestión de los usuarios. Este cuenta con funcionalidades tales como: **registro, consulta, modificación y eliminación** de la información de los pacientes.



Figura 27: Ventana gestión de frases

La ventana gestión de frases como se puede apreciar en la figura 27 es un módulo completo dedicado a la gestión de las lecturas de ayuda para los pacientes. Este cuenta con funcionalidades tales como: **registro, consulta, modificación y eliminación** de la información de las lecturas.

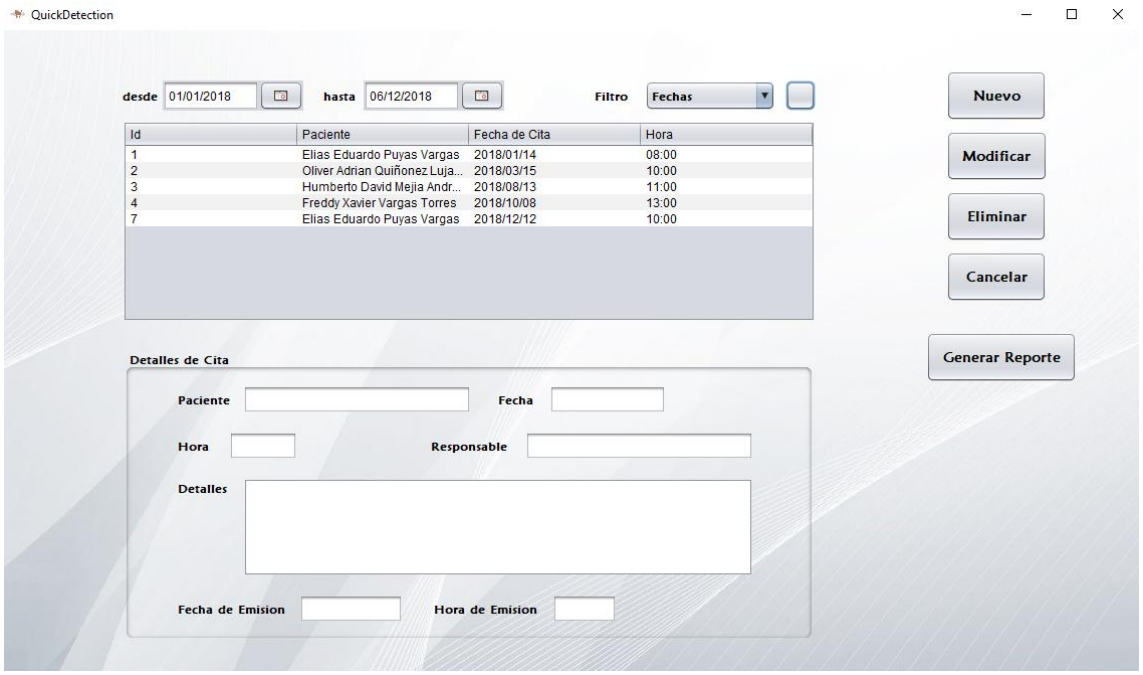
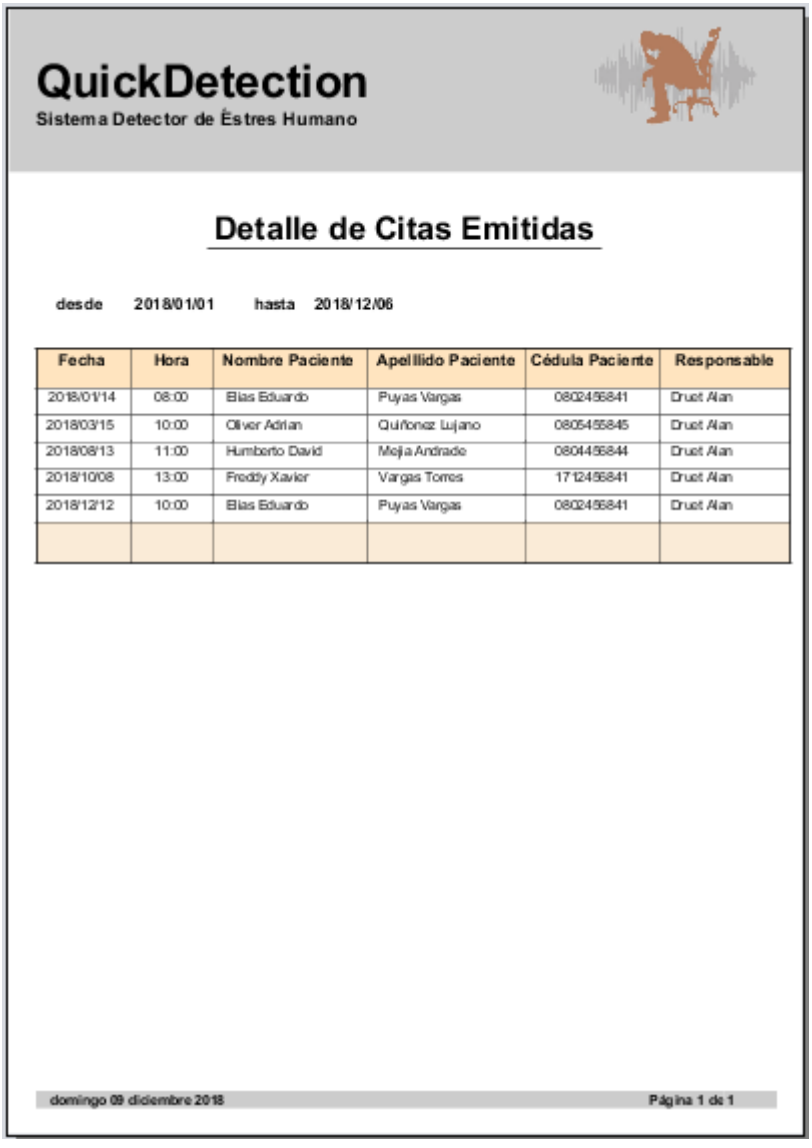


Figura 28: Ventana gestión de citas

La ventana gestión de frases como se puede apreciar en la figura 28 es un módulo completo dedicado a la gestión de las citas pactadas con los pacientes. Este cuenta con funcionalidades tales como: **consulta, modificación, eliminación y generar reportes** de la información de las citas.

Esta ventana permite realizar filtros por rangos de fechas para obtener reportes más exactos y específicos como se puede ver en la figura 29.



QuickDetection

Sistema Detector de Èstres Humano

Detalle de Citas Emitidas

desde 2018/01/01 hasta 2018/12/06

Fecha	Hora	Nombre Paciente	Apellido Paciente	Cédula Paciente	Responsable
2018/01/14	08:00	Elias Eduardo	Puyas Vargas	0802456841	Druet Alan
2018/03/15	10:00	Oliver Adrian	Quiñonez Lujano	0805456845	Druet Alan
2018/08/13	11:00	Humberto David	Mejia Andrade	0804456844	Druet Alan
2018/10/08	13:00	Freddy Xavier	Vargas Torres	1712456841	Druet Alan
2018/12/12	10:00	Elias Eduardo	Puyas Vargas	0802456841	Druet Alan

domingo 09 diciembre 2018 Página 1 de 1

Figura 29: Reporte de citas emitidas por fecha

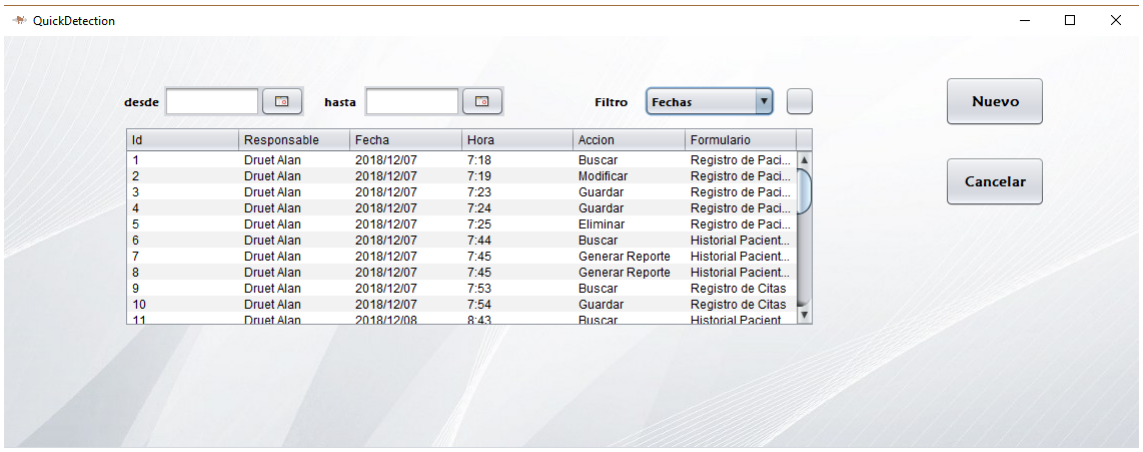


Figura 30: Ventana de auditoria

La ventana auditoria como se puede apreciar en la figura 30 es un módulo completo dedicado a la visualización y seguimiento de acciones que realizan los usuarios y en que modulo la realizan teniendo detallado horas y fechas en la que estos lo hacen. Esta ventana cuenta con la funcionalidad de consultas en rango de fechas para tener información de determinados periodos de ser necesario.

4.1. Validación de la propuesta

En esta sección se describe el proceso de valoración de la efectividad del software como del algoritmo implementado para el correcto funcionamiento de la detección del estrés en las personas.

Para la valoración de la efectividad algorítmica se basó en el estudio realizado por Lechowicz[21], donde el clasifica la valoración de los resultados obtenidos en cuatro grupos:

- ✓ Verdadero positivo (PP)
- ✓ Verdadero negativo (PN)
- ✓ Falsos positivos (FP)
- ✓ Falsos negativos (FN)

Cada uno de estos grupos son complementos para obtener la valoración de la eficacia algorítmica, la cual es calculada por paciente y para dicho calculo el mismo autor plantea la siguiente formula: $\mathrm{Sk} = \frac{PP+PN}{PP+PN+FP+FN} * 100$ la cual permite saber el valor de la eficacia algorítmica.

Para la prueba de efectividad algorítmica se realizaron pruebas de detección de estrés por dos semanas, por cada semana nueve pacientes.

Para determinar el grado de eficiencia algorítmica es necesario saber la estimación por valores obtenidos para ello Lechowicz[21] en su investigación detalla parámetros de cómo es considerada la eficiencia por valores como se puede apreciar en la tabla 1.

Tabla 1: Tabla de parámetros de calificación de eficiencia algorítmica

Rangos	**Valoración**
0-10	Mala
20-40	Regular
50-60	Buena
70-90	Muy Buena

Las pruebas de efectividad se realizan con el objetivo de validar el uso del software y poder seguir realizando mejoras para que este sea aún más eficiente.

Tabla 2: Tabla de efectividad primera semana

Persona	**Genero**	**PP [%]**	**PN [%]**	**FP [%]**	**FN [%]**	**Efectividad [%]**
Paciente 1	M	15.1	49.1	20.2	15.6	**64.2**
Paciente 2	F	6.1	49.5	16.3	28.1	**55.6**
Paciente 3	F	7.2	35.8	15.3	41.7	**43**
Paciente 4	F	12.6	25.4	11.5	50.5	**38**
Paciente 5	M	11.4	47.25	35	6.35	**58.65**
Paciente 6	M	5.9	70.2	12.2	11.7	**76.1**
Paciente 7	M	11.3	42.6	17.5	28.6	**53.9**
Paciente 8	M	17.9	44.4	18.3	19.4	**62.3**
Paciente 9	F	12.3	48.8	9.8	29.1	**61.1**

Promedio		**11.08**	**45.89**	**17.34**	**25.61**	

En la Tabla 1 se puede apreciar la valoración de eficacia algorítmica obtenida en la primera semana de pruebas, donde los resultados obtenidos en la mayor parte superan el 50%, resultado que es satisfactorio.

Tabla 3: Tabla de efectividad segunda semana

Persona	**Genero**	**PP [%]**	**PN [%]**	**FP [%]**	**FN [%]**	**Efectividad [%]**
Paciente 1	F	7.1	45.1	18.5	66.3	**52.2**
Paciente 2	M	5.2	50.5	11.3	33	**55.7**
Paciente 3	M	8.2	60.8	10.3	20.7	**69**
Paciente 4	M	11.2	44.1	22.1	22.6	**55.3**
Paciente 5	M	5.2	60.41	6.3	28.09	**65.61**
Paciente 6	M	6.1	56.4	10.2	27.3	**62.5**
Paciente 7	M	12.3	40.6	11.2	35.9	**62.9**
Paciente 8	M	18.1	39.14	18.2	24.56	**57.24**
Paciente 9	F	9.6	48.10	8.7	33.6	**57.7**
Promedio		**9.22**	**49.46**	**12.97**	**32.45**	

En la Tabla 2 se puede apreciar la valoración de eficacia algorítmica obtenida en la segunda semana de pruebas, donde los resultados obtenidos superan el 50%, resultado que es más satisfactorio al obtenido en la primera semana.

Tabla 4: Tabla de efectividad de algoritmo

Semana	**Genero**	**Eficacia media por género [%]**	**Eficacia media por semana [%]**	**Eficacia media del algoritmo [%]**
Semana 1	M	63.03		

Semana 1	F	49.43	56.23	
Semana 2	M	52.19		54.9
Semana 2	F	54.95	53.57	

En la Tabla 3 se puede apreciar cómo se ha clasificado la eficacia logarítmica por género, semana y la eficacia algorítmica media.

En la eficacia media por género se puede apreciar que el algoritmo implementado es un poco más efectivo en hombres.

En la eficacia media por semana se puede observar que en la primera semana supero en un 2.66% en cuanto a valor de efectividad algorítmica a la segunda semana.

El valor de 54,9% obtenido como la eficacia media del algoritmo implementado, es un valor muy optimista; la eficacia de manera individual por paciente en su mayor parte supero el 50%, incluso supero el 70% en uno de los casos.

Para la evaluación de rendimiento del software se utilizó la herramienta **VisualVM** que es una aplicación de escritorio que permite evaluar de manera rápida y sencilla software especialmente software en java.

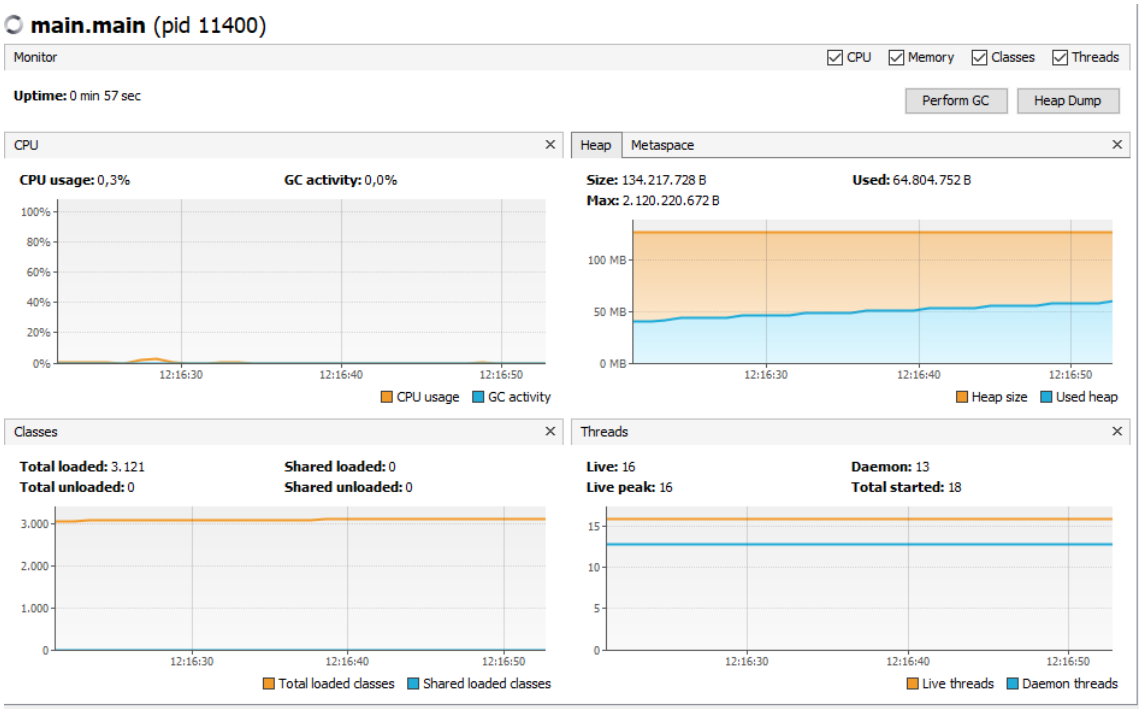


Figura 31: Evaluación de rendimiento de software

En la figura 31 se puede apreciar las gráficas del rendimiento del software en distintas partes, se puede observar el uso de CPU, número total de cargas, hilos utilizados, etc.

4.2. Resultado de Exámenes



CENTRO DE ATENCIÓN MÉDICA POPULAR

Paciente: Druet Rodriguez Alan
Fecha/Hora: 20/02/2019 10:22:05 AM

El paciente en el examen de estrés realizado obtuvo como resultado un nivel de estrés **BAJO**, resultado que se ve reflejado en la siguiente información.

Test de Estrés
Vegetativo: 0.8
Emocional: 1
Cognitivo: 0.8
Conductual: 0.71
IRE total: 0.81

Simón Gruezo Araujo

Figura 32: Test de estrés de centro de salud

En la figura 32, se pueden observar los datos correspondientes a un test de estrés que se realiza en un centro de atención médica, este test consiste en responder treinta preguntas con el uso de una herramienta informática, las preguntas tienen que ver con el comportamiento y reacción del paciente ante determinados escenarios cotidianos. Una vez se termina de responder se emite un reporte con el resultado del test.

Si el IRE(Indice de Reactividad al Estrés) tiene el valor de 0 a 0.8 se considera **BAJO ,** si el valor supera a 0.8 hasta 1 se considera **MEDIO** y si es mayor a 1 se considera **ALTO.**

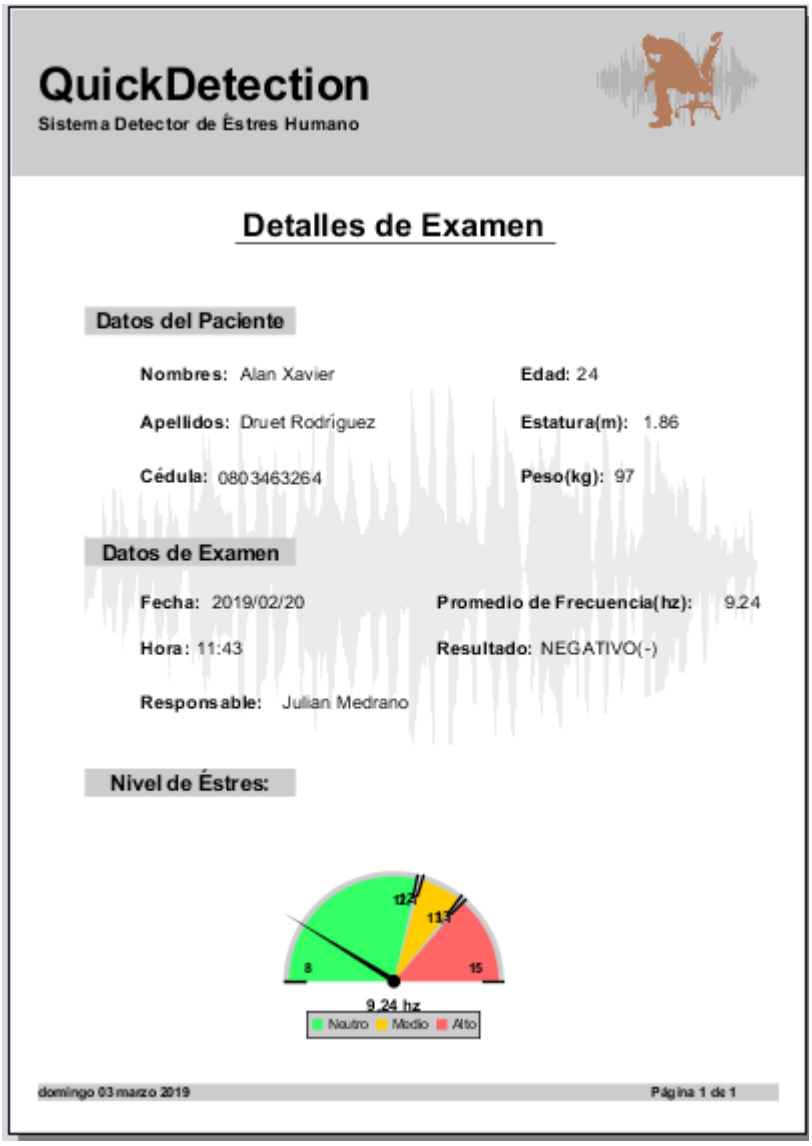


Figura 33: Test de estrés con software propuesto

En la figura 33 se puede apreciar la información obtenida de una vez realizado el examen de estrés con ayuda del software propuesto.

Ambos métodos de detección de estrés en las personas, a pesar de sus distintas metodologías tienen un resultado parecido, detectando un nivel de estrés **bajo** en el caso del test de estrés y un nivel de estrés **neutro** en el caso de la herramienta propuesta.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue “Desarrollar un aplicativo detector de estrés mediante la voz” como herramienta de para la medicina ocupacional, desarrollo que se realizó con ayuda de distintos componentes como el uso del lenguaje de programación java y la herramienta matemática MATLAB, para lo cual se tomó como punto de partida la captura y el tratamiento de la voz. Mediante la observación de los procesos se pudo identificar las partes necesarias para el desarrollo del aplicativo.

En base a los objetivos planteados, fue posible evaluar el espectro de voz para el análisis del estado de estrés de las personas, como plantea Lechowicz[21] el espectro de voz contiene armónicos que definen el estado emocional de las personas, pudiendo con esto caracterizar el estrés presente en el mismo. También sugiere Cercone[6]que el estrés está asociado a los reflejos emocionales y que pueden ser expresados como parte de las actitudes humanas.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Una vez culminado el proceso de investigación, fue posible alcanzar las siguientes conclusiones:

El estrés es una característica inherente de las personas, no es predecible en su totalidad, sin embargo, es posible determinarlo para atender la situación y mejorar las condiciones de salud de los pacientes. Existen factores de gran relevancia para su determinación, entre las que se pueden mencionar: el pulso cardíaco, el iris, la gestualidad, la voz, entre otros.

Se detectaron los espectros de voz y se evaluaron los espectros vocales, tomando en cuenta que la voz influye considerablemente en las manifestaciones de estrés de las personas, ya que la frecuencia de la misma debe permanecer en los rangos apropiados de tranquilidad, donde no hay presencia de estrés, y todos los valores de frecuencias fuera del rango nos permiten caracterizar las situaciones de cambio de ánimo de las personas.

En cuanto al diagrama diseñado, fue diseñado con especificación de escala de valores por niveles, es importante dentro del desarrollo de todo proyecto, en este proyecto dicha diagramación autómata especifica los valores del estrés en sus distintas etapas dejando con qué valor nos posicionamos en un determinado nivel. El diagrama posee claridad para los usuarios y fácil comprensión, por lo que resulta de gran relevancia el diseño realizado para la especialidad médica.

Se desarrolló un sistema informático que brinda apoyo a la consulta médica ocupacional; el aplicativo orientado a la medicina ocupacional, es un gran aporte a la misma ya que cumple con uno de los motivos por los que investigamos, que es ayudar a las personas a vivir mejor, hacer la vida misma más sencilla y con menos preocupación.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

Una vez concluido este trabajo es posible recomendar lo siguiente:

Una vez detectado el espectro de voz, es posible afirmar que las manifestaciones del estrés son de difícil control en las personas e influyen considerablemente en su conducta, por tanto, es necesario mejorar las formas de evaluación del mismo, siendo necesario aumentar las variables de detección para optimizar las respuestas del sistema. El método utilizado con la voz, solo proporciona un 54.9% de confiabilidad, por lo que se recomienda que se implementen contrastes con inteligencia artificial más avanzada que permita reducir este porcentaje de error.

La evaluación de los espectros vocales puede ser mejorada a partir de las ecuaciones dinámicas de la onda de propagación de la voz, complementando el estudio con un análisis dinámico en frecuencia con transformadas de Laplace para enriquecer los resultados obtenidos.

Se diseñó un diagrama que muestra los niveles de estrés, sin embargo, se recomienda que este diagrama se complemente con simulaciones efectivas en más de 300 pacientes, que fortalezcan los resultados obtenidos y que arrojen unos valores de convergencia por debajo del 0,01%, que además se acople con los resultados dinámicos de las ecuaciones diferenciales ordinarias que podrían arrojar resultados más óptimos y confiables.

Se desarrolló un sistema informático que podría mejorarse si se considera el uso de herramientas más profesionales como micrófonos de audio HD que eliminen con más facilidad el ruido ambiental de tal manera que el audio obtenido por el software se más manejable y permita obtener menos margen de error. Además, podría mejorarse si se toman en cuenta el comportamiento dinámico de las variables asociadas, si además se considera que dichas variables afectan a otros parámetros metabólicos de los pacientes y que pueden repercutir en la conducta psicosomática de los mismos, complementando el estudio con un aporte médico más profundo y una aplicación tecnológica más avanzada.

REFERENCIAS

[1] G. Alcántara, "La definición de salud de la Organización Mundial de la Salud y la interdisciplinariedad," *Sapiens. Rev. Univ. Investig.*, vol. 9, no. 1, pp. 93–107, 2008.

[2] A. E. Comín, A. I. De la Fuente, and G. A. Gracia, "El Estrés Y El Riesgo Para La Salud Autores," *Maz*, p. 25, 2014.

[3] J. M. Garzón-rey, "por la Universidad Autónoma de Barcelona Jorge Mario Garzón-Rey," 2017.

[4] S. Portero de la Cruz and M. Vaquero Abellán, "Professional burnout, stress and job satisfaction of nursing staff at a university hospital," *Rev. Lat. Am. Enfermagem*, vol. 23, no. 3, pp. 543–552, 2015.

[5] K. Sarsosa-Prowesk and V. H. Charria-Ortiz, "Estrés laboral en personal asistencial de cuatro instituciones de salud nivel III de Cali, Colombia," *Univ. y Salud*, vol. 20, no. 1, p. 44, 2017.

[6] N. Cercone, F. Yasmeen, and A. Rahim, "Detection of Stress by Voice & Textual Information Analysis CSE6339 Project," 2014.

[7] S. M. G. Ávila, L. Garzón, and L. H. C. Casallas, "Revision de dispositivos electronicos para la determinacion de estres a partir de variables fisiologicas," *Visión Electrónica algo más que un estado sólido*, vol. 5, no. 1, pp. 114–122, 2011.

[8] D. M. Sánchez, "Diseño de un dispositivo para la detección del estrés a partir de la señal de fotopletismografía," p. 116, 2014.

[9] J. Esteban, R. Estrada, D. Vanessa, and S. Salazar, "Inteligencia Artificial ¿Reemplazando Al Humano En La Psicoterapia?/Artificial Intelligence: Replacing the Human Being in Psychotherapy?/Inteligência Artificial Substituindo a Humana Na Psicoterapia?," *Escritos*, vol. 24, no. 53, p. 271, 2016.

[10] L. Coello Blanco, L. Casas, O. L. Pérez González, and Y. Caballero Mota, "Redes neuronales artificiales en la producción de tecnología," *Acad. y Virtualidad*, vol. 8, no. 1, p. 12, 2015.

[11] E. Medina, "REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA LA PREDICCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PM10 EN EL DISTRITO DE ATE," pp. 1–105, 2015.

[12] A. Iniesta, J. R. Azcona, C. Guillén, A. Meléndez, and J. I. Pastrana, "Guía sobre el manejo del estrés desde Medicina del Trabajo," p. 74, 2016.

[13] V. Orbaugh, "NIVELES DE ESTRÉS EN PERSONAS QUE LLEVAN MENOS DE UN AÑO ESTUDIANDO PINTURA Y AQUELLAS QUE LLEVAN MÁS DE DOS AÑOS EN DICHA ACTIVIDAD .," 2016.

[14] E. Echeburúa, "Estrés y recursos de afrontamiento en la sociedad contemporánea," *Av. en Salud Ment. Relac.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–10, 2016.

[15] M. R. González Acabal, "Realizado En Serviteca Altense De Quetzaltenango)),"

“Estrés Y Desempeño Laboral” (Estudio Realiz. En Serviteca Altense Quetzaltenango), p. 83, 2014.

[16] C. Osorio, J. Alexander, M. Aguirre, and F. Alejandro, “Sistemas de seguridad basados en biometría,” *Sci. Tech.*, vol. XVII, no. 46, pp. 98–1002, 2010.

[17] L. León, “Aplicación de la descomposición empírica en modos a la predicción del mercado bursátil con los modelos de arima-arch y redes neuronales artificiales evolutivas.,” 2017.

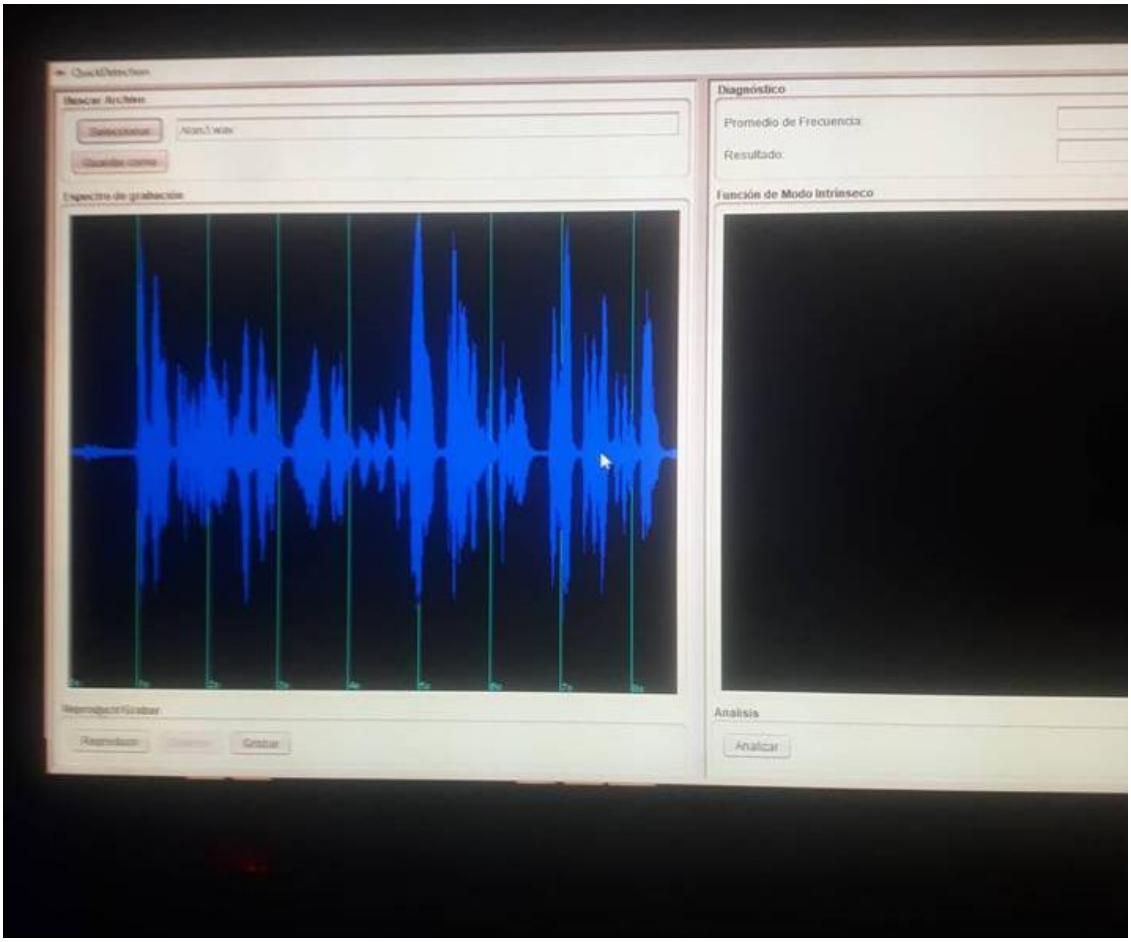
[18] A. Granados, “Criterios Para Interpolar,” no. August, 2017.

[19] G. R., “Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Bahía Blanca INTRODUCCION AL PROCESAMIENTO DIGITAL DE SEÑALES Cátedra: Técnicas Digitales III,” 2002.

[20] J. Montserrat i Nonó, A. Orri Plaja, E. Juanola Pagès, C. Corselles Corbella, and M. Mer Santamaria, “El uso profesional de la voz,” p. 20.

[21] P. Lechowicz, “Realizacja procedury detekcji stresu w głosie Implementation of Stress Detection Procedure,” 2014.

ANEXOS



Anexo 1: Captura del espectro de voz grabado



Anexo 2: Captura de la ventana FMI