



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN,
TELECOMUNICACIONES E INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

TEMA:

***“SISTEMA DE DETECCIÓN DE PATRONES IRREGULARES EN
LAS SEÑALES ENCEFALOGRÁFICAS PARA EL DIAGNÓSTICO
TEMPRANO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON”***

Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Sistemas de Control

AUTOR: Jéssica del Rocío Rosas Donoso

TUTOR: Ing. Edgar Patricio Córdova Córdova, Mg.

Ambato-Ecuador

Junio 2019

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: “**SISTEMA DE DETECCIÓN DE PATRONES IRREGULARES EN LAS SEÑALES ENCEFALOGRÁFICAS PARA EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON EN ETAPAS INICIALES**”, de la señorita **ROSAS DONOSO JÉSSICA DEL ROCÍO**, estudiante de la Carrera de Ingeniería **ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES**, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Junio, 2019

EL TUTOR



Ing. Mg. Edgar Patricio Córdova Córdova

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado : “**SISTEMA DE DETECCIÓN DE PATRONES IRREGULARES EN LAS SEÑALES ENCEFALOGRÁFICAS PARA EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON**”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad de autor.

Ambato Junio, 2019



Jéssica del Rocío Rosas Donoso

CC: 1803098274

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato Junio 2019



Jéssica del Rocío Rosas Donoso

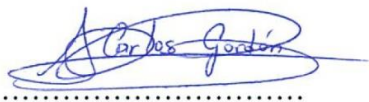
CC: 1803098274

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Gordon Gallegos Carlos Diego. Mg y Ríos Villacorta Alberto. Mg, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado **“SISTEMA DE DETECCIÓN DE PATRONES IRREGULARES EN LAS SEÑALES ENCEFALOGRÁFICAS PARA EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON”** presentado por la señorita Rosas Donoso Jéssica del Rocío, de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la Aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

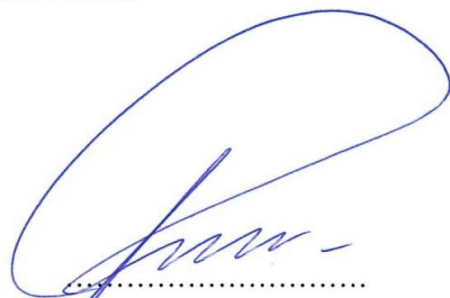


.....
Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



.....
Docente calificador

Dr. Ing. Gordon Gallegos Carlos Diego. Mg



.....
Docente Calificador

Dr. Ing. Ríos Villacorta Alberto. Msc

DEDICATORIA

Porque todas las cosas proceden de él, y existen por él y para él.

¡A Dios sea la gloria por siempre!

Romanos 11:36

El presente trabajo de investigación va dedicado a Dios por permitirme alcanzar y cumplir cada meta y cada sueño que me he propuesto en la vida; a mi Madre Rocío Donoso que con su amor incondicional, esfuerzo, trabajo y dedicación ha sido mi ejemplo, mi apoyo y fortaleza en momentos difíciles y siempre ha estado a mi lado; a mi Abuelita Titita que ha estado siempre al pendiente de mí, que me ha enseñado a ser una gran persona y que me ha dado su amor; a mi tía Sandra Donoso por sus enseñanzas, consejos y porque me apoyado en todo momento y ha sido una parte fundamental en mi vida y en mi crecimiento.

A mi esposo Santiago Carrillo por ser mi apoyo, mi soporte, mi amigo, mi compañero, por creer en mí, en mi capacidad y por hacerme feliz.

A mi tutor Ing. Patricio Córdova que con su paciencia, sus enseñanzas y consejos me ha ayudado alcanzar uno de mis objetivos.

Jéssica Rosas Donoso

AGRADECIMIENTO

Por tanto, os digo, que todo lo que pidieréis orando, creed que lo recibiréis y os vendrá.

Marcos 11:24

Quiero agradecer a Dios por darme la vida y la bendición de poder culminar una etapa más de mi vida; además de darme una maravillosa familia y un extraordinario esposo.

A mi madre por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y sobretodo de mi carrera universitaria; y por ser mi apoyo en cada momento.

A mi abuelita por su amor, sus enseñanzas y sus consejos.

A mi tía por enseñarme desde pequeña a cumplir lo que me he propuesto y por estar ahí en cada momento; además de sus consejos y amor.

A mi esposo por la ayuda incondicional que me ha brindado, por estar a mi lado en los momentos buenos y malos; porque me ha enseñado que todo es posible si me lo propongo y más aún si estamos de la mano de Dios.

A mi familia en general, mis suegros y amigos por su apoyo y confianza.

A mi tutor Ing. Patricio Córdova y a todos mis profesores que compartieron sus conocimientos gracias a ellos he podido realizar la presente investigación.

Jéssica Rosas Donoso

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
ACRÓNIMOS.....	XVII
CAPÍTULO I.....	18
EL PROBLEMA	18
1.1 TEMA.....	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.3 DELIMITACIÓN	19
1.3.1 Delimitación Temporal:.....	19
1.3.2 Delimitación Espacial:	19
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	20
1.5 OBJETIVOS.....	21
1.5.1 Objetivo General	21
1.5.2 Objetivos Específicos	21
CAPÍTULO II	22
MARCO TEÓRICO.....	22
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	22
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	25
2.2.1 Enfermedad de Parkinson.....	25
2.2.2 Enfermedad de Parkinson en estados iniciales	29
2.2.3 El cerebro	31
2.2.4 Electroencefalograma	32
2.2.5 Las señales EEG.....	32
2.2.6 Ondas cerebrales.....	32
2.2.7 Frecuencias Cerebrales.....	34

2.2.8 Electrodos para Electroencefalografía.....	34
2.2.9 Tipos de Electrodos	34
2.2.10 Técnicas de Registro de EEG	35
2.2.11 Sistema de posicionamiento 10-20.....	36
2.2.12 Procesamiento de la señal EEG	37
2.2.13 Bioelectricidad cerebral.....	38
2.2.14 Interfaz cerebro computadora (BCI)	39
2.2.15 Componentes de un sistema BCI.....	40
2.2.16 Tipos de BCI	41
2.2.17 Aplicaciones interfaces cerebro-máquina.....	42
2.2.18 Comunicaciones Inalámbricas.....	42
2.2.19 Software Labview.....	43
2.2.20 Casco Mindwave	47
2.2.21 Transformada rápida de Fourier	49
2.2.22 Histogramas en Labview	51
2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....	53
CAPÍTULO III.....	54
METODOLOGÍA	54
3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	54
3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	54
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	54
3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	55
3.5 DESARROLLO DEL PROYECTO.....	55
CAPÍTULO IV.....	56
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	56
4.1 DATOS INFORMATIVOS	57
4.1.1 Tema de la Propuesta.....	57
4.2 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	57
4.2.1 Factibilidad Técnica	57
4.2.2 Factibilidad Económica	57
4.2.3 Factibilidad Bibliográfica.....	57
4.3 Selección del dispositivo de adquisición de señales encefalográficas	57
4.4 Selección del Software	59
4.5 Desarrollo de la propuesta	61

4.5.1 Diseño General	62
4.5.2 Diagramas de Jerarquización de Procesos.....	62
4.6 Estación de monitoreo	64
4.6.1 Sistema de adquisición de señales EEG (Señales EEG recibidas)	65
4.6.2 Inicialización de la Diadema NeuroSky	66
4.6.3 Señales de actividad cerebral.....	67
4.6 Resultados	70
4.7 Análisis de Resultados.....	74
También se realiza un análisis comparativo entre las señales de la persona con Parkinson y de la persona sana; obteniendo así como resultado que el pico de voltaje de la persona con Parkinson es mayor que la persona sana.	77
4.8 Presupuesto.....	82
CAPÍTULO V	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
5.1 CONCLUSIONES.....	84
5.2 RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Partes del cerebro [22].....	31
Fig. 2: Hemisferio derecho, hemisferio izquierdo, lóbulo parietal, lóbulo temporal, lóbulo parietal y lóbulo occipital. [22].....	31
Fig. 3: Punto Frontal-Punto Occipital [28]	37
Fig. 4: Método de clasificación de señales [30].....	39
Fig. 5: Elementos de un sistema de interfaz cerebro-computador [33]	41
Fig. 6: Tipos de comunicaciones inalámbricas [35, 36, 37].....	43
Fig. 7: Panel frontal de Labview [38]	44
Fig. 8: Paleta de controles [38]	45
Fig. 9: Incremento/Reducción de control numérico, Control, Indicador. [38]	46
Fig. 10: Terminales de indicador, cables, nodos, terminales de control [38].	46
Fig. 11: Diagrama de Bloques [38].....	46
Fig. 12: Paleta de Funciones [38].....	47
Fig. 13: Estructura de Mindwave Mobile [39].....	48
Fig. 14: Programación en bloques de análisis espectral [43].....	51
Fig. 15: Resultado gráfico del análisis espectral [43]	51
Fig. 16: Gráfica de control	52
Fig. 17: Esquema del diseño general del sistema de detección de señales EEG	62
Fig. 18: Fases de desarrollo.....	62
Fig. 19: Diagrama de Bloques de adquisición de señales	63
Fig. 20: Diagrama de bloque de Procesamiento y almacenamiento de datos	63
Fig. 21: Diagrama de bloques del patrón obtenido	64
Fig. 22: Panel principal	65
Fig. 23: Panel de señales EEG recibidas.....	66
Fig. 24: Inicialización de la Diadema NeuroSky	67
Fig. 25: Indicador de calidad de señal.....	67
Fig. 26: Conexión entre el Labview y Mindwave.....	67
Fig. 27: Etapa encargada de leer las señales EEG (1).....	68
Fig. 28: Etapa encargada de leer las señales EEG (2).....	68
Fig. 29: Bucle de adquisición y almacenamiento.....	69
Fig. 30: Bucle de procesamiento.....	69
Fig. 31: Examen 1: Paciente 1– Señales EEG.....	70
Fig. 32: Examen 1: Paciente 1 – Señales ALPHA	71
Fig. 33: Examen 1: Paciente 1 – Señales BETA	71
Fig. 34: Examen 1: Paciente 1 – Señales DELTA Y THETA	72
Fig. 35: Examen 1: Paciente 1 – Señales GAMMA.....	72
Fig. 36: Examen 2: Paciente 2 – Señales EEG.....	73
Fig. 37: Examen 2: Paciente 2 – Señales ALPHA	73
Fig. 38: Examen 2: Paciente 2 – Señales DELTA Y THETA	74
Fig. 39: Examen 2: Paciente 2 – Señales GAMMA.....	74
Fig. 40: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Cobo (sana)	77
Fig. 41: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Cobo (sana)	78

Fig. 42: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Jerez (sana).....	78
Fig. 43: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Jerez (sana).....	79
Fig. 44: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Quinteros (sana)	79
Fig. 45: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Quinteros (sana)	80
Fig. 46: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Carrillo (sano)	80
Fig. 47: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Carrillo (sano)	81
Fig. 48: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Constante (sano).....	81
Fig. 49: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Constante (sano).....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Síntomas Motores de la Enfermedad de Parkinson [17, 18].....	26
Tabla 2: Síntomas no Motores de la Enfermedad de Parkinson [17, 18].....	27
Tabla 3: Causas de la Enfermedad de Parkinson [19].....	28
Tabla 4: Otros tratamientos de síntomas específicos [20, 21]	30
Tabla 5: Tipos de ondas cerebrales [23, 25]	33
Tabla 6: Tipos de frecuencias cerebrales [25].....	34
Tabla 7: Tipos de electrodos [25]	35
Tabla 8: Identificación de los electrodos según su posición [27]	37
Tabla 9: Aplicaciones interfaces cerebro-máquina [34]	42
Tabla 10: Tipos de tecnologías inalámbricas [35, 36, 37]	43
Tabla 11: Análisis comparativo entre Sistemas EEG [45].....	58
Tabla 12: Análisis comparativo de Software [46, 47, 48].....	60
Tabla 13: Calculo del porcentaje de error promedio para la comparación en la medición de amplitud de las ondas electroencefalograficas.	75
Tabla 14: Presupuesto del diseño del sistema	83
Tabla 15: Descripción del valor de los dispositivos empleados	83
Tabla 16: Presupuesto total del proyecto	83

RESUMEN

El presente proyecto muestra el diseño de un sistema de detección de patrones irregulares en las señales encefalográficas que permitirá el diagnóstico temprano de la enfermedad de Parkinson. Las señales mencionadas son capturadas por medio de un casco Mindwave que monitoriza la actividad cerebral; y obtiene señales alpha, beta, delta, theta y gamma.

Cada una de las señales son capturadas y almacenadas para luego ser comparadas y realizar un proceso de acondicionamiento que permitirá determinar un patrón; y este será la base para la detección de la enfermedad de Parkinson en etapas iniciales.

El sistema propuesto se puede emplear en el área de la biomedicina, además es pensado para el cuidado de las personas mayores así como para la sociedad, ya que contribuye a la mejora de la calidad de vida de los adultos mayores que sufren de la Enfermedad de Parkinson.

ABSTRACT

The present project shows the design of a system for detecting irregular patterns in encephalographic signals that will allow the early diagnosis of Parkinson's disease. The mentioned signals are captured by means of a Mindwave helmet that monitors brain activity; and get alpha, beta, delta, theta and gamma signals.

Each of the signals are captured and stored to be compared and perform a conditioning process that will determine a pattern; and this will be the basis for the detection of Parkinson's disease in the early stages.

The proposed system can be used in the area of biomedicine, it is also thought for the care of the elderly as well as for society, since it contributes to the improvement of the quality of life of the elderly who suffer from the disease. Parkinson.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad vivir con una enfermedad crónica como la Enfermedad de Parkinson (EP) es mucho más que padecerla; significa conocerla en su totalidad y descubrir cómo afectará a la vida diaria, planes, objetivos, deseos, ilusiones, relaciones e interacciones, para finalmente, aprender ese nuevo modo de vivir.

La enfermedad de Parkinson es un tipo de trastorno del movimiento. Ocurre cuando las células nerviosas o neuronas no producen suficiente cantidad de una sustancia química en el cerebro conocida como dopamina.

La enfermedad de Parkinson suele comenzar alrededor de los 60 años, pero puede aparecer antes, es mucho más común entre los hombres que entre las mujeres. No existe una cura para la enfermedad de Parkinson; aunque existen diversas medicinas que ayudan a mejorar los síntomas.

El presente trabajo de investigación es un aporte para el diagnóstico médico; se presenta por la necesidad de crear dispositivos que permitan conocer su estado actual de salud. Para el desarrollo de la presente investigación el documento se divide en varios capítulos, permitiendo conocer de manera ordenada el problema, estudio del arte, metodología, propuesta, conclusiones y recomendaciones.

El capítulo I identifica la problemática del tema tanto a nivel mundial como a nivel nacional y a través de esto la factibilidad de realización del presente proyecto, permitiendo así plantear el objetivo principal y cada uno de los objetivos específicos que ayudarán al desarrollo del mismo, teniendo como principal objetivo de este capítulo conocer los beneficios y beneficiarios del proyecto.

El capítulo II permite conocer los antecedentes investigativos a través de trabajos similares o con enfoque similar que se han realizado dentro y fuera del país, conociendo el uso de tecnologías y procesamientos de datos en cada uno de ellos. Este capítulo contiene la fundamentación teórica en la que este proyecto está basado, y además se explica la propuesta de solución del mismo.

El capítulo III describe la modalidad de la investigación, así como también la manera de recolección de información. En el presente capítulo se analiza la población y muestra que necesita el proyecto para finalmente realizar el procesamiento y análisis de cada uno de los resultados.

En el capítulo IV se desarrolla la propuesta de solución, esta sección permite observar el proceso de selección de dispositivos, así también como de equipos electrónicos, software y tecnologías que se utilizan en el proyecto. Además se realiza el análisis de factibilidad del proyecto y se desarrolla los resultados obtenidos.

El capítulo V contiene conclusiones y recomendaciones obtenidas durante la realización de este proyecto, poniendo en evidencia los datos más relevantes que se tomaron en cuenta en la finalización de presente proyecto, y las recomendaciones generadas para el buen desarrollo del mismo.

ACRÓNIMOS

- BCI:** Brain Computer Interfaces (Interfaz cerebro computadora)
- CONADIS:** Consejo Nacional para la Integración de la Persona con Discapacidad
- ECG:** Electrocardiograma
- EEG:** Electroencefalografía
- EP:** Enfermedad de Parkinson
- EMGS:** Señales Electromiográficas
- EM:** Estimulación Electromagnética
- FISE:** Federación Internacional de Sociedades de Electroencefalografía
- Fp:** Frontal portal
- GDL:** Controlada mediante ondas cerebrales
- GNU:** General Public License.
- GUI:** Graphical User Interface (Interfaz Gráfica de Usuario)
- IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)
- MSP:** Ministerio de Salud Pública
- O:** Punto Occipital
- RFID:** Radio Frequency Identification
- RMN:** Resonancia Magnética Nuclear
- RM:** Resonancia Magnética
- SPECT:** Single Photon Emission Computed Tomography (Tomografía por emisión de positrones)
- TAC:** Tomografía Axial Computarizada
- TFD:** Transformada de Fourier Discreta
- WiFi:** Wireless Fidelity (Fidelidad Inalámbrica)
- WSN:** Wireless Sensor Network (Redes De Sensores Inalámbricos)

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 TEMA

“Sistema De Detección De Patrones Irregulares En Las Señales Encefalográficas Para El Diagnóstico Temprano De La Enfermedad De Parkinson”

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La enfermedad de Parkinson (EP) es un trastorno neurodegenerativo que afecta al sistema nervioso produciéndose unos mecanismos de daño y posterior degeneración de las neuronas, que se encuentran ubicadas en la sustancia negra.

Son neuronas encargadas de producir un pigmento llamado melanina y se le confiere una coloración oscura; además este proceso complejo se presenta en la edad adulta y constituye la segunda enfermedad neurodegenerativa más frecuente por detrás de la demencia tipo Alzheimer [1, 2].

A nivel mundial la enfermedad de Parkinson afecta más o menos a 5 millones de personas, diagnosticadas entre los 50 y 65 años; no siendo este un rango fijo ya que se puede diagnosticar antes de los 50 años, dependiendo de la evolución de la enfermedad. Aunque la prevalencia es levemente mayor en hombres; es decir, el Parkinson afecta entre 1.5 a 2 veces mayor en hombres que en mujeres. Es una patología neurodegenerativa en la que las neuronas de algunas partes del cerebro se van lesionando y mueren antes de tiempo [1, 2].

Las células más afectadas son aquellas que se encuentran en la sustancia negra y que producen un neurotransmisor llamado dopamina. Esta sustancia va estimulando a otro grupo de neuronas para ayudar en el control de los movimientos. Algunas recomendaciones dadas con la enfermedad de Parkinson son: buena alimentación con ingesta de verduras, frutas y abundantes líquidos, disminución de proteínas que interfieran en la absorción de medicamentos, aumento de ejercicio especialmente el estiramiento con el fin de mantener una postura adecuada; y evitar ingerir medicamentos sin prescripción; especialmente si no hay sido enviados por un neurólogo [1, 2].

A nivel nacional, en Ecuador; la CONADIS y el Ministerio de Salud Pública (MSP) han entregado estadísticas, registrando 229 casos hospitalarios de personas con Parkinson. El 68.12% son hombres y el 31.88% son mujeres; además las provincias con mayor índice de pacientes se tiene a Guayas con 19.65%, Manabí con 11.79%, Loja, Chimborazo y Azuay con 3.49%, pero no se ha registrado una cifra oficial, aunque en un reportaje del diario la Hora informa que oscilan entre 800 a 1200 personas que se encuentran en tratamiento en diferentes centros geriátricos [3, 4].

En Ecuador se pondrá a disposición de la ciudadanía la “Primera Fundación de Parkinson”, en esta fundación se tiene como objetivo ayudar a los pacientes que sufran esta patología, y cada familiar, dando información sobre tratamientos, manejo de cuidados especiales y cuidados adecuados para su condición [3, 4].

Además que los pacientes accedan a una valoración mediante protocolos establecidos a nivel internacional, y que reciban la medicación completa a costos razonables. Todo esto se trabaja en el Hospital del Adulto Mayor de Quito donde 25 profesionales en diversas especialidades han decidido ayudar de manera voluntaria [3, 4].

En la provincia de Tungurahua, ciudad de Ambato se encuentra el Hogar para Ancianos Sagrado Corazón de Jesús que cuenta con 75 pacientes de la tercera edad; donde el porcentaje de sus pacientes con la enfermedad de Parkinson es del 14%; es decir, se encuentran entre 10 a 11 personas con el mal de Parkinson [5].

Cada paciente requiere de una atención personalizada porque tienen diferentes tratamientos, en algunos casos los dolores constantes en los músculos son fuertes, por lo que se administra medicación tanto oral como muscular; mientras que en otros casos el temblor en las piernas o brazos, requieren un tratamiento específico como fisioterapias y medicamentos controlados por las enfermeras [5].

El establecimiento cuenta con un espacio adecuado para el cuidado de cada paciente, además cuenta con médicos y enfermeras que trabajan 24 horas. La alimentación y recreación se encuentra a cargo de Monjas de cada área. Los familiares pueden visitarlos y verificar en qué estado se encuentra el paciente; para lo cual el sistema de detección para el diagnóstico temprano de la enfermedad de Parkinson ayudaría a los pacientes a tener una mejor atención y calidad de vida [5].

1.3 DELIMITACIÓN

Área: Física y Electrónica

Línea de investigación: Sistemas de control

Sub-línea de investigación: Sistemas Embebidos

1.3.1 Delimitación Temporal:

El proyecto de investigación se desarrollará durante el periodo: Agosto 2018 - Febrero 2019, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Graduación para obtener el Título de Tercer nivel en la Universidad Técnica de Ambato.

1.3.2 Delimitación Espacial:

El presente proyecto se realizó en el Hogar de Ancianos Sagrado Corazón de Jesús en la ciudad de Ambato.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El Sistema de detección de Patrones Irregulares en las Señales Encefalográficas puede ser utilizada para ayudar a diferentes centros geriátricos, a obtener un diagnóstico temprano de la enfermedad de Parkinson lo más preciso de sus pacientes, que solo tengan una evaluación de la enfermedad neurodegenerativa y no sea exacta, para obtener una mejor atención y que no se produzca una alteración progresiva; además puede ser utilizada por investigadores para tomar como fuente de investigación para desarrollar nuevos tratamientos para la enfermedad.

La enfermedad de Parkinson no ha sido tan difundida y no existen cifras oficiales en Ecuador, por esta razón muchas personas desconocen qué es, cómo afecta y cuál es el tratamiento a seguir. Por lo que en algunas ocasiones los miembros de la familia asumen que algunos patrones son normales en la vejez, cuando esto no es así. La enfermedad de Parkinson es un tipo de trastorno del movimiento, ocurre cuando las células nerviosas (neuronas) no producen suficiente cantidad de una sustancia química importante en el cerebro conocido como dopamina; algunos casos son genéticos pero la mayoría no parece darse entre miembros de una misma familia.

Los estudios sobre la mortalidad en la enfermedad de Parkinson, están limitados por la falta de precisión de los certificados de defunción y por la confusión diagnóstica entre Parkinson y otras enfermedades neurodegenerativas. La enfermedad del Parkinson puede ser uno de los más sorprendentes y complejos desórdenes neurológicos, su causa sigue siendo un misterio, pero la investigación en esta área sigue siendo activa; esta enfermedad obedece a un grupo de condiciones llamadas desórdenes del sistema motor. Por lo que es de gran importancia realizar la investigación correcta y controlada de esta enfermedad.

Las personas que sufren la enfermedad de Parkinson, necesitan un diagnóstico temprano lo que ayudaría a que los síntomas no se agraven o las condiciones médicas sean correctas para cada paciente; además ayudaría a los centros geriátricos a obtener una mejor atención para sus pacientes con esta enfermedad.

El beneficiario directo de la investigación será el acilo Sagrado Corazón de Jesús ubicado en la ciudad de Ambato, porque en dicho lugar se realizará los estudios pertinentes para poder determinar cuándo un paciente tiene la enfermedad de Parkinson, y así el acilo podrá realizar sus estudios con pacientes que ingresen por primera vez y no tengan un diagnóstico preciso.

La institución que se prestará como centro de apoyo para la investigación y realización de estudios a cada paciente, con el fin de obtener los datos correspondientes para el diseño del sistema de detección será el acilo Sagrado Corazón de Jesús; además la Universidad Técnica de Ambato en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial se encuentran los equipos necesarios y el software de análisis que permitirán la factibilidad de la realización del proyecto de investigación.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Implementar un sistema de detección de patrones irregulares en las señales encefalográficas para el diagnóstico temprano de la enfermedad de Parkinson.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar las diferentes señales encefalográficas asociadas a la presencia de la enfermedad de Parkinson.
- Identificar las señales encefalográficas obtenidas en pacientes con la enfermedad de Parkinson y generar un patrón que permita conocer la posible existencia de la misma.
- Diseño de un prototipo de sistema de detección de patrones irregulares en señales electroencefalográficas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Los presentes antecedentes investigativos están diseñados para crear un análisis de investigaciones previas que permitan determinar un enfoque metodológico, especificando la relevancia y diferencias con el trabajo propuesto y las circunstancias que lo justifican; para ello se ha tomado datos de diferentes revistas, paper, tesis y trabajos científicos.

En el año 2013, el XXXIV congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica en Madrid publicó un artículo científico con el tema: *“Análisis de la señal ECG en pacientes con enfermedad de Parkinson”*, que habla sobre la enfermedad de Parkinson como un trastorno del movimiento causado por la degeneración de las células dopaminérgicas, además es un trastorno lentamente progresivo del sistema nervioso central; las señales fueron preprocesadas aplicando filtros pasa bajos para eliminar interferencia y ruido, concluyendo que la enfermedad de Parkinson afecta directamente el comportamiento del sistema nervioso central, y así establecieron diferencias significativas en el comportamiento de la actividad cardiaca en los pacientes analizando los parámetros extraídos en la señal encefalográfica [6].

En el año 2013, la revista de Desarrollo e Innovación Tecnológica IDIT 2013 en Santiago de Chile, dentro del congreso en Memorias del Segundo Concurso de Investigación presentó un artículo científico con el tema *“Procesamiento de señales de estabilometría usadas en la valoración del balance de individuos con enfermedad de Parkinson”*; en el presente trabajo se analizó una base de datos de pacientes con enfermedad de Parkinson, a los que se les realizaron estas pruebas, que consiste en un examen que permite evaluar objetivamente el equilibrio postural y las incidencia de las entradas sensoriales, en las disfunciones de la postura [7].

La prueba de estabilometría serviría de apoyo para el diagnóstico de individuos con Enfermedad de Parkinson debido a que es una herramienta que proporciona información del movimiento a una determinada frecuencia de datos por segundo [7].

El 09 de Junio de 2014, IEEE Xplore publicó un artículo técnico con el tema: *“Automatic Evaluation of Articulatory Disorders in Parkinson’s Disease”-“Evaluación automática de trastornos articulatorios en la enfermedad de Parkinson”*, En el presente artículo se menciona que aunque los déficits articulatorios representan una manifestación importante de la disartria en la enfermedad de Parkinson (EP), los métodos más ampliamente utilizados actualmente disponibles para la evaluación automática del rendimiento del habla se centran en la evaluación de la disfonía. El objetivo del presente estudio fue diseñar un enfoque automático confiable para la estimación precisa de los déficits articulatorios en la EP [8].

En el año 2014, la red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (UAEM redalyc.org) en el Sistema de Información Científica se publicó un artículo técnico con el tema: “*Análisis de Señales EMG Superficiales y su Aplicación en Control de Prótesis de Mano*”, se realizó una prótesis de mano mediante el análisis de señales Electromiográficas (EMGS) y sus aplicaciones en el control de dispositivos activos como las prótesis mioeléctricas; que son sistemas accionados por servomotores que se gobiernan a partir de señales EMG [9].

También se observa una revisión de las técnicas más utilizadas en análisis y extracción de características discriminantes, de las señales motoras haciendo énfasis en la evolución de las técnicas temporales clásicas a las técnicas espectrales más recientes, basadas en transformadas Wavelets, que permite procesar este tipo de señales según su desempeño en la clasificación y ejecución de movimientos sobre la prótesis. Así mismo, se hace referencia de los trabajos más recientes de desarrollo e investigación en el campo del procesamiento de señales biomédicas EMGs y sus aplicaciones en control mioeléctrico [9].

En el año 2014, la revista INGENIUM Revista de la Facultad de Ingeniería en Medellín-Colombia se publicó un artículo científico con el tema: “*Sistema de monitorización remoto de Señales Biomédicas vía celular*”, donde se muestra el diseño y desarrollo de un sistema de monitorización de manera remota de señales biomédicas, referidas específicamente a la electrocardiografía, utilizando la red de datos celulares para transmitir la información hacia una aplicación web que permite tener un proceso de comunicación entre médico-paciente [10].

La presente investigación busca crear una herramienta, que permita al médico o al especialista diagnosticar a pacientes que se encuentran fuera de su alcance y que por la gravedad de sus afecciones o síntomas, requieren diagnósticos preventivos o procedimientos inmediatos. Concluyendo que por medio de este sistema se optimizan los tratamientos, disminuyendo el costo, el estrés del paciente y el tiempo de respuesta asociados a las alternativas actuales del sistema de salud [10].

El 17 de Noviembre de 2016, IEEE Xplore publicó un artículo técnico con el tema: “*Automatic epileptic seizure prediction based on scalp EEG and ECG signals*”- “*Predicción de ataques epilépticos automáticos basada en las señales EEG y ECG del cuero cabelludo*”, aquí se realizó una metodología de predicción de crisis no invasiva para mejorar la calidad de vida de los pacientes con epilepsia, alertándoles sobre posibles ataques y evitando caídas, lesiones, heridas e incluso la muerte [11].

La investigación aborda el reconocimiento de patrones en señales electroencefalográficas (EEG) y electrocardiográficas (ECG) tomadas de 7 pacientes con epilepsia focal que son tratados en el Instituto de Epilepsia y Parkinson del Eje Cafetero-NEUROCENTRO. Utilizando técnicas de selección de características, como Selección de reenvío secuencial (SFS) con algoritmos de clasificación como funciones de coste (clasificador lineal de Bayes y k vecinos más cercanos), aquí se encuentra qué características tiene la información más relevante sobre el estado pre-ictal y cuáles de ellas son las más apropiado para el pronóstico de ataques, por lo tanto, encontramos que la señal ECG podría ser un recurso potencial para predecir ataques epilépticos, y

concluimos que hay patrones en EEG y señales de ECG que, a través de algoritmos de aprendizaje automático, pueden predecir el inicio de ataque epiléptico [11].

En el año 2016, la revista Gerencia Tecnología e Información Vol. 12 No. 33 en Santander-Colombia se publica un artículo de revisión con el tema “*Wireless Sensor Networks and Related Applications for Collecting and Analyzing Biomedical Signals*”, en donde se hace referencia de las características técnicas de distintos protocolos de comunicación para redes de sensores inalámbricos (WSN) como Zigbee, Bluetooth, IrDA, y el estándar 802.11. El artículo especifica que para el cuidado de la salud se han desarrollado una serie de sensores, que están asociados a diferentes situaciones que afectan al ser humano; identificándose sensores fisiológicos para la medición de presión arterial, medición de la glucosa en la sangre, electrocardiografía entre otras y sensores biotécnicos para el registro del movimiento del cuerpo humano [12].

También se especifica situaciones médicas y cuidados de la salud que requieren el uso de redes WSN en tiempo real, especificando aplicaciones para el cuidado de niños y personas de la tercera edad y aplicaciones para la enfermedad de Alzheimer, Parkinson y otras enfermedades. Las redes WSN constituyen una alternativa en el control de procesos y aplicaciones que permiten hacer efectivo un mejor cuidado de la salud, mediante redes de pequeños sensores obteniendo un monitoreo y control de las enfermedades [12].

En el año 2017 la red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (UAEM redalyc.org) en el Sistema de Información Científica se publicó un artículo técnico con el tema: “*Evaluación de la Presencia de Disautonomía en Pacientes con Parkinson mediante el Análisis de Señales Cardiovasculares*”, donde se evalúa y se compara la respuesta del sistema nervioso autónomo en pacientes con la enfermedad de Parkinson; las señales del electrocardiograma fueron generadas mientras los pacientes se encontraban en reposo, cambio de postura, respiración controlada e hiperventilación [13].

Dentro de la metodología utilizada se encuentra el procesamiento de las señales en donde se encuentra los índices de la variabilidad de la frecuencia cardiaca, la entropía aproximada de las señales y el análisis estadístico; en lo que pudieron concluir que los pacientes con Parkinson muestran resultados con poca variación que los pacientes que se encuentran sanos; además, los pacientes con enfermedad de Parkinson tienen una dificultad de adaptación ante las maniobras utilizadas para realizar los exámenes correspondientes, así como presentan alteraciones en la respuesta simpática y vagal como resultado a los estímulos propuestos [13].

En el año 2017 en el repositorio de la Universidad Técnica de Ambato de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones se encontró un trabajo con el tema “*Prototipo de prótesis de un brazo con 12 GDL controlada mediante ondas cerebrales*”, en donde se presenta el diseño y construcción de una prótesis de brazo que cuenta con 12 grados de libertad y es controlado mediante la actividad eléctrica generada por el cerebro; además, un circuito de adquisición de señales encefalográficas. Este proyecto se realizó con el fin de contar con un prototipo de prótesis que emule los movimientos

del miembro superior ausente con un grado de movilidad aceptable que ayudará a las personas que hayan perdido una extremidad. [14]

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Este apartado del proyecto de investigación fundamenta de forma teórica el contenido de la propuesta.

2.2.1 Enfermedad de Parkinson

La enfermedad de Parkinson (EP) fue descrita primeramente por el médico británico James Parkinson en 1817, a raíz de observar a seis pacientes con los síntomas típicos de la enfermedad, denominando parálisis agitante, posteriormente ser llamada Enfermedad de Parkinson nombre otorgado por el neurólogo francés Charcot[15].

La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo ya que afecta al sistema nervioso, produciendo unos mecanismos de daño y posterior degeneración de las neuronas ubicadas en la sustancia negra. Estas neuronas se encargan de producir la dopamina, una sustancia química (neurotransmisor) fundamental para que el movimiento del cuerpo se realice correctamente. Cuando el cerebro no dispone de la dopamina suficiente para mantener un buen control del movimiento, los mensajes de cómo y cuándo moverse se transmiten de forma errónea, apareciendo de forma gradual los síntomas motores típicos de la enfermedad; además, hay otras neuronas afectadas y por lo tanto otros neurotransmisores como la serotonina, noradrenalina y acetilcolina, que explican otros síntomas no motores de la enfermedad [15, 16].

El inicio de la enfermedad está en torno de la sexta década de vida, aunque uno de cada cinco pacientes es diagnosticado antes de los cincuenta años, además la EP afecta más a hombres que a mujeres. Esta enfermedad es crónica y progresiva, es decir, los síntomas empeoran con la evolución de la enfermedad; su curso suele ser gradual, afectando típicamente a un solo lado del cuerpo al comienzo de la enfermedad. Además es un trastorno heterogéneo, cada paciente puede presentar síntomas muy variables lo que no permite predecir su curso en un determinado paciente, lo que hace que el tratamiento sea individualizado [15, 16].

Sus síntomas fundamentales son lentitud/dificultad de movimiento, rigidez, temblor y alteraciones de la postura y de la marcha, relacionados en gran parte con la pérdida neuronal progresiva en la sustancia negra del mesencéfalo. Sin embargo, el proceso degenerativo afecta también a otras estructuras neuronales, dando lugar de forma variable a otras manifestaciones clínicas, denominadas no motoras, entre las que incluyen trastornos del olfato, del sueño, anímicos, cognitivos, digestivos o genitourinarios, entre otros [15, 16].

Estos síntomas están presentes en un 97% de los casos y repercuten de un modo importante en la calidad de vida de los pacientes. El diagnóstico de la EP es clínico y, aunque muchas veces es ya sospechado en atención primaria, se precisa su confirmación por parte del neurólogo. Sin embargo es el tratamiento lo que requiere una mayor pericia por parte del especialista, en particular conforme evoluciona la enfermedad; desde las etapas iniciales es preciso haber consideraciones pronósticas en

función de las características individuales y el tratamiento seleccionado; por otro lado, las complicaciones motoras suponen un reto terapéutico [15, 16].

El impacto de la EP es multidimensional, pues afecta a todas las facetas del individuo y, también, de forma directa a su familia y al entorno social; de ahí que el abordaje ideal sea también múltiple, sin perder la visión integral del paciente y sin interrumpir la continuidad asistencial [15, 16].

a. Síntomas Motores:

Existen 4 síntomas cardinales o típicos que definen la enfermedad. Según los criterios de diagnóstico actuales, para diagnosticar a un paciente de Enfermedad de Parkinson éste deberá presentar al menos 3 de los síntomas que se presentan a continuación en la tabla 1 [17, 18].

Tabla 1: Síntomas Motores de la Enfermedad de Parkinson [17, 18]

Temblor:	El 70% de los afectados comienzan con temblor como primer síntoma de la enfermedad, el temblor Parkinsoniano es caracterizado por un temblor de reposo, es decir, aparece cuando no se realiza ninguna tarea con la parte del cuerpo que tiembla, típicamente suele comenzar en las extremidades, afectado a la mano o al pie aunque también puede afectar a la mandíbula o a la cara. El temblor se suele difundir a medida que avanza la enfermedad.
Bradicinesia:	La bradicinesia es la lentitud para realizar un movimiento, es el signo más significativo de la EP, inicia asimétricamente en el 75% de los pacientes. Los pacientes con Parkinson pueden tener dificultad para iniciar un movimiento o terminar bruscamente una actividad que esté llevando a cabo. La bradicinesia se refleja también en la amplitud del movimiento, que puede verse reducida, así como en tareas motoras finas de la vida cotidiana como abrocharse los botones, cortar la comida, atarse los cordones de los zapatos o cepillarse los dientes. Se producen cambios en la escritura y la letra se hace más pequeña, lo que se conoce como micrografía. La marcha Parkinsoniana también es una manifestación de la bradicinesia, se trata de una marcha lenta, a pasos cortos, arrastrando los pies y con una disminución o ausencia de braceo.
Rigidez:	La rigidez constituye un aumento del tono muscular, es decir, los músculos están constantemente tensos y no se pueden relajar bien; lo que puede provocar: reducción de la amplitud de los movimientos como el balanceo de los brazos al caminar, dificultad para girarse en la cama o incorporarse de una silla, dolor y calambres en las extremidades y sensación de tensión en el cuello o espalda, disminución de la expresividad facial por la rigidez de la musculatura de la cara, dando lugar a una dificultad para sonreír o aun rostro serio o inexpresivo.
Inestabilidad postural:	A medida que la enfermedad avanza los pacientes con Parkinson tienden a adoptar una postura encorvada, con una flexión del tronco hacia delante o incluso lateralmente, lo que provoca desequilibrio y esto puede ocasionar inestabilidad y riesgo de caídas.

b. Síntomas No Motores:

Los síntomas no motores aunque son menos conocidos, son una parte muy importante de la enfermedad, ya que pueden provocar grandes interferencias en el día a día de los pacientes. Estos síntomas se presentan a continuación en la tabla 2 [17, 18].

Tabla 2: Síntomas no Motores de la Enfermedad de Parkinson [17, 18]

Trastornos del sueño:	El trastorno del sueño es altamente frecuente, un tercio de los pacientes presentan insomnio, pueden también tener sueños muy vívidos, somnolencia diurna o alteración del ciclo vigilia-sueño.
Pensamiento y memoria:	Los pacientes pueden presentar lentitud en el pensamiento o cambios en su razonamiento, memoria o concentración y algunos pacientes desarrollan deterioros cognitivos, que son diferentes a los de la enfermedad de Alzheimer, porque afecta a áreas como las funciones ejecutivas, atención y función visuoespacial (dificultad para medir las distancias) más que en la afección de la memoria.
Trastornos neuropsiquiátricos:	Sufren alteraciones del estado del ánimo como depresión, ansiedad y apatía; también se puede presentar alucinaciones e ideas delirantes, como alucinaciones visuales y delirio de celos o de prejuicio. El trastorno neuropsiquiátricos emite trastornos del control de impulsos como hipersexualidad, ludopatía, compras compulsivas, atracones entre otros.
Otros:	Entre otros síntomas esta: estreñimiento, aumento de sudoración, hipotensión ortostática (sensación de mareo o incluso desvanecimiento con los cambios posturales), disfunción sexual, síntomas urinarios, pérdida de la capacidad de olfato, dermatitis seborreica, alteraciones visuales, fatiga o cansancio, dolor y trastornos sensitivos, alteraciones del habla y la deglución.

c. Síntomas Tempranos

Los síntomas iniciales pueden ser vagos e inespecíficos; los pacientes pueden quejarse de fatiga, sensación de adormecimiento de las extremidades, dolores articulares, depresión, dificultad para efectuar ciertas tareas como limpiarse los dientes, abotonarse o amarrarse los zapatos. Cuando se está frente a un paciente con Parkinson, la pregunta es siempre si éste es debido a una enfermedad de Parkinson o a otra entidad. Es bien importante anotar que aun en manos de un neurólogo experimentado el diagnóstico inicial de la enfermedad de Parkinson es difícil [18, 19].

En algunos estudios recientes de pacientes con diagnóstico de la enfermedad y en quienes se practicó autopsia, se encontró que en la cuarta parte de ellos el diagnóstico patológico correspondía a otras entidades, siendo las más comunes las atrofas multisistémicas [18, 19].

El diagnóstico de la enfermedad de Parkinson sigue siendo clínico por excelencia, sin embargo, la resonancia magnética (RM) de cerebro ha podido diferenciar pacientes con la enfermedad de aquéllos con un parkinsonismo atípico. En la enfermedad básicamente se detecta un aumento de hierro en la sustancia negra y en el estriado, que puede producir cambios en la resonancia magnética de cerebro. Los criterios clínicos de diagnóstico requieren de la presencia por un año o más de tres de los signos motores principales como son temblor de reposo o postural, bradiquinesia y rigidez. [18, 19]

d. Causas

Actualmente se sigue sin conocer la causa que produce la pérdida neuronal en la enfermedad de Parkinson, se cree que la causa de la enfermedad se debe a una combinación de factores genéticos y medioambientales que pueden variar de una persona a otra. Los principales factores implicados en el desarrollo de la enfermedad se encuentran mencionados en la tabla 3 [19].

Tabla 3: Causas de la Enfermedad de Parkinson [19]

Envejecimiento:	La edad de ha demostrado como un factor de riesgo de la enfermedad, siendo la edad media al diagnóstico entre los 55 a 60 años. Cuando la enfermedad comienza por debajo de los 50 años se conoce como forma de inicio temprano o precoz, y en casos muy raros los síntomas pueden aparecer antes de los 20 años conociéndose como parkinsonismo juvenil.
Factores genéticos:	La herencia familiar juega un factor muy importante, se estima que entre el 15 y 25% de las personas con enfermedad de Parkinson tienen algún pariente con la enfermedad. No, obstante el 90% de los casos con Parkinson son formas esporádicas, es decir, no se deben a una alteración genética concreta.
Factores ambientales:	El entorno y sus posibles toxinas en el desarrollo de la enfermedad de Parkinson ha sido ampliamente estudiado obteniendo diversos hallazgos como: determinadas sustancias químicas tóxicas como pesticidas pueden producir síntomas parkinsonianos, factores físicos como el traumatismo craneal también se ha relacionado con el riesgo de desarrollar Parkinson en edades avanzadas.

e. Diagnóstico

El diagnóstico de Parkinson hoy en día es un diagnóstico clínico, es decir, se realiza en base a la historia clínica y exploración física y neurológica del paciente, la presencia de determinados síntomas y la ausencia de otros. El neurólogo puede apoyar en pruebas complementarias para confirmar el diagnóstico. Esas pruebas pueden ser: [19]

- Análisis de laboratorio.
- Pruebas de imagen cerebral como el escáner cerebral (TAC) o la resonancia magnética (RMN). Estas pruebas no nos van a dar el diagnóstico de Parkinson, pero nos ayudan a excluir otras enfermedades que pueden provocar síntomas parecidos al párkinson, como la hidrocefalia normotensiva, tumores o lesiones vasculares.
- Pruebas de neuroimagen funcional donde la tomografía por emisión de positrones (SPECT con determinados trazadores) puede ayudar a confirmar el diagnóstico de EP y diferenciarlo de otras entidades como el temblor esencial o el parkinsonismo inducido por fármacos, vascular o psicógeno.
- Pruebas neurofisiológicas, en ocasiones se puede recurrir a un estudio de electromiografía para determinar con exactitud el tipo de temblor.

2.2.2 Enfermedad de Parkinson en estados iniciales

a. Síntomas

Se debe producir una pérdida de dopamina en el cerebro por encima del 70%, hasta llegar a ese nivel puede haber manifestaciones sutiles de la enfermedad, lo que se conoce como periodo premotor. Durante este periodo, la persona puede presentar síntomas depresivos, pérdida de olfato, estreñimiento o alteraciones del sueño consistentes en sueños muy vividos. También puede presentar dolor, muy frecuente que afecte al hombro del lado de comienzo de la enfermedad. Otros síntomas premotores son el aumento de la sudoración o cambios cutáneos como la dermatitis seborreica. Los síntomas iniciales de la enfermedad pueden ser leves e instaurarse de forma muy gradual [19, 20].

El temblor suele comenzar en una extremidad superior y posteriormente extenderse a la extremidad inferior del mismo lado. Un porcentaje de pacientes presentan alteraciones cognitivas ligeras, como dificultad para concentrarse o planificar una tarea. El comienzo asimétrico de la enfermedad es muy característico y se mantendrá a lo largo de la evolución de la enfermedad, permaneciendo el lado de comienzo más afectado [19, 20].

b. Tratamiento de la EP en estados iniciales

El tratamiento inicial de la EP debería ser un tratamiento neuroprotector. Entendemos como neuroprotección la intervención que protege o rescata neuronas vulnerables y, por tanto, enlentece, frena o revierte la progresión de la enfermedad. Ningún fármaco antiparkinsoniano ha demostrado en la actualidad un efecto neuroprotector. No obstante, aunque no disponemos de un tratamiento curativo para la enfermedad, sí que

tenemos diferentes terapias eficaces para aliviar sus síntomas. Existen diferentes grupos de fármacos antiparkinsonianos según el mecanismo que actúan en el sistema nervioso para aumentar o sustituir la dopamina. La levodopa sigue siendo el fármaco más eficaz para el tratamiento de la EP y el patrón de referencia del tratamiento farmacológico [19, 20, 21].

c. Tratamiento médico de otros síntomas de la enfermedad de Parkinson

Existen una gran variedad de aspectos colaterales en la sintomatología parkinsoniana que requieren tratamientos puntuales. Algunos son de práctica corriente, como los antieméticos, otros en determinados pacientes, como los antidepresivos, y otros se usan en fases avanzadas de la enfermedad [20, 21].

d. Trastornos psiquiátricos (alucinaciones y psicosis)

Todos los pacientes con EP pueden desarrollar alucinaciones o psicosis durante el tratamiento de reemplazo dopaminérgico, sea con levodopa o con agonistas. Sin embargo este problema es más frecuente en los pacientes que tienen ya un deterioro cognitivo [20, 21].

Hay que intentar rebajar las dosis y/o suspender el fármaco, aunque a veces no es posible. Si las alucinaciones y paranoia son importantes a pesar de la reducción del fármaco o el control motor es inadecuado, se debe considerar el uso de un neuroleptico. Los efectos secundarios incluyen letargia, hipotensión ortostática y sialorrea. Los pacientes con demencia responden peor, quizá debido a la incapacidad para tolerar sus efectos adversos. [20, 21].

e. Otros tratamientos de ciertos síntomas específicos:

En la tabla 4 se muestra otros síntomas específicos de la EP [20, 21].

Tabla 4: Otros tratamientos de síntomas específicos [20, 21]

Síntomas	Tratamientos
Náuseas y vómitos:	Se usa la domperidona, en solución y en comprimidos de 10 mg. Se administra 15-20 minutos antes de las comidas.
Depresión:	Los antidepresivos están indicados en cualquier momento de la EP para tratar la clínica depresiva.
Estreñimiento:	Modificación de la dieta: aumento de líquidos, fibra y volumen de la cantidad ingerida. Aumento de la actividad física; motilidad intestinal y laxantes suaves.
Problemas urinarios (nicturia):	Anticolinérgicos: oxibutinina (Ditropanâ) o Bromuro de emepromiol (Hexatiumâ) y considerar evaluación urológica
Problemas sexuales (disfunción eréctil):	Los beta-bloqueantes, diuréticos, y algunos antidepresivos pueden causar disfunción eréctil, y se deben suspender o reducir la dosis en lo posible.
Hipotensión ortostática (sintomática):	Eliminar las medicaciones antihipertensivas en lo posible, modificación del comportamiento, aumento de la ingesta de sal y líquidos, elevación de la cabecera de la cama.

2.2.3 El cerebro

El encéfalo es el órgano principal del sistema nervioso del ser humano constituido por millones de neuronas que está contenido en el cráneo y ejerce control de funciones como: movimiento, respiración, visión, y los procesos que regulan el cuerpo humano, se compone de tres partes: El tronco cerebral, el cerebelo y el cerebro tal como se muestra en la figura 1 [22].

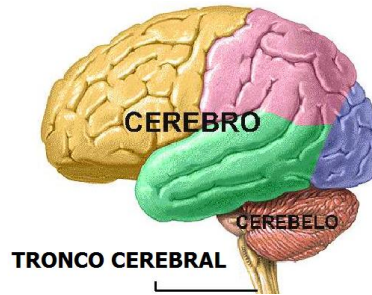


Fig. 1: Partes del cerebro [22]

El cerebro está dividido por una profunda hendidura llamada cisura longitudinal, que divide al cerebro en dos hemisferios: Hemisferio derecho y Hemisferio izquierdo, la cisura de Silvio junto con la cisura de Rolando y la cisura parietooccipital a su vez dividen cada hemisferio en cuatro partes llamados lóbulos: lóbulo frontal, lóbulo parietal, lóbulo temporal y lóbulo occipital [22].

El lóbulo frontal se encuentra situado por delante del surco central llamado cisura de Rolando que se encarga de diversas funciones del control de los movimientos del cuerpo y del habla. El lóbulo temporal está situado por debajo de la cisura lateral llamada cisura de Silvio está implicado en el procesamiento de la memoria, funciones sensoriales como audición, visión y tacto. El lóbulo Parietal está situado por detrás del surco central, está implicado con las sensaciones de dolor, temperatura. El lóbulo Occipital está situado por detrás de los lóbulos parietales y el lóbulo temporal, en esta zona se procesa la información visual. En la figura 2 se muestra los dos hemisferios y los lóbulos que se encuentran en el cerebro [22].

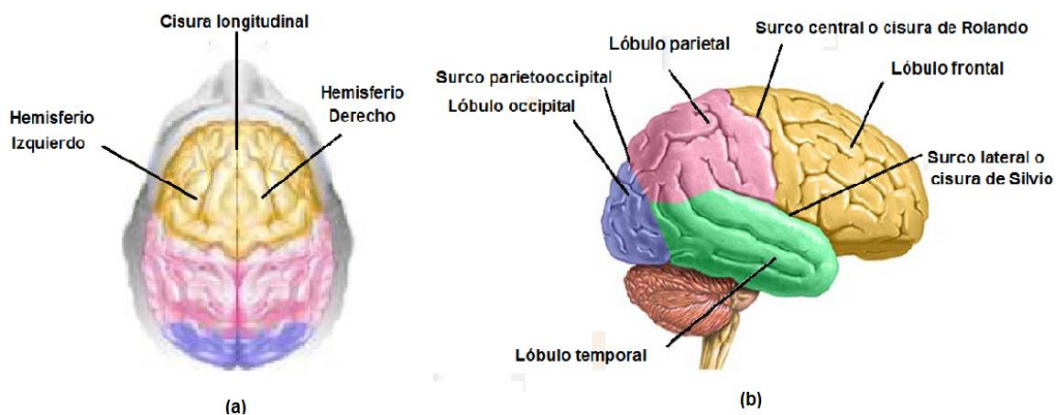


Fig. 2: Hemisferio derecho, hemisferio izquierdo, lóbulo parietal, lóbulo temporal, lóbulo parietal y lóbulo occipital. [22]

2.2.4 Electroencefalograma

Un electroencefalograma (EEG) se define como el registro de las variaciones de potencial eléctrico producidas por el cerebro, estas variaciones se adquieren a partir de pequeños sensores llamados electrodos, situados en determinadas áreas sobre la superficie del cuero cabelludo del usuario [22, 23].

El electroencefalograma es una técnica de monitoreo electrofisiológico que permite registrar la actividad eléctrica del cerebro, que a su vez es producida por la actividad neuronal en el interior del cerebro [24].

Consiste en el uso de electrodos colocados en el cuero cabelludo, aunque típicamente es no invasivo, también existen otros métodos quirúrgicos que pueden dividirse en invasivos y semi-invasivos. [24]

El EEG mide fluctuaciones de voltaje que resultan de la corriente iónica entre las neuronas del cerebro en un periodo de tiempo, las aplicaciones de diagnóstico generalmente se enfocan en el contenido espectral del EEG, es decir oscilaciones neuronales comúnmente denominadas ondas cerebrales [24].

Las señales provenientes de la actividad cerebral, se obtiene la diferencia de potencial entre electrodos y la frecuencia de dichas señales estocásticas que presentan grandes variaciones dependiendo de la localización de los electrodos, del usuario que esté utilizando el equipo. Esto se debe a la infinidad de conexiones neuronales y a que la estructura craneal de las personas no es uniforme, además, también se presentan variaciones de acuerdo al estado mental del usuario, a los niveles de concentración y de los movimientos musculares, incluso los involuntarios como los pestañeos [24].

2.2.5 Las señales EEG

Las señales EEG son el producto de la actividad cerebral que está presente incluso en ausencia de estímulos, estas señales EEG adquiridas son de amplitudes extremadamente pequeñas con un rango de tensión de $5\mu\text{V}$ a $200\mu\text{V}$, mientras que su frecuencia está en el rango de 0.5Hz a 80Hz, estas son afectadas por señales que no son de interés como el ruido eléctrico (Ruido de 60Hz), el ruido que genera el cuerpo, artefactos, ruido generado por los componentes electrónicos y el posicionamiento de los electrodos en el cuero cabelludo [23, 24].

Los mayores inconvenientes para la adquisición de señales EEG es la presencia de la atenuación debido a la resistividad de las principales capas del cerebro: el cuero cabelludo, el cráneo, el cerebro, estas capas están situadas entre los sensores y el cuero cabelludo [23, 24].

2.2.6 Ondas cerebrales

Cuando en el cerebro efectúa una actividad de cualquier tipo debido a un estímulo externo o pensamiento en concreto, se producen impulsos eléctricos de muy baja magnitud; todos estos impulsos no poseen una forma determinada, se encuentran en el orden de los μV , estas señales se llama ondas cerebrales. En la tabla 5 se muestran los tipos de ondas cerebrales junto a su frecuencia, voltaje y características [23, 25].

Tabla 5: Tipos de ondas cerebrales [23, 25]

Tipo de onda	Frecuencia	Voltaje	Características
Alpha	8-13 Hz	20 μ V-60 μ V	Alfa representa un estado de escasa actividad cerebral y relajación. Se registran sobre la zona occipital y se asocian a la inactividad cerebral, desconcentración y relajación. Estas ondas son más lentas y de mayor amplitud que las beta. Una persona que ha terminado una tarea y se sienta a descansar, se encuentra a menudo en un estado alfa; así como la persona que está dando un paseo, disfrutando del paisaje.
Mu	8-10 Hz	20 μ V-60 μ V	Se generan mientras la persona se encuentra en un estado de vigilia, están vinculadas al sistema sensorial y motor, no se atenúan con la actividad mental.
Theta	4-7,5 Hz	20 μ V y 100 μ V	Se registran en las zonas parietal y temporal están asociadas con el acceso a material inconsciente, inspiración creativa y profunda meditación. Son ondas de mayor amplitud y menor frecuencia. La persona que está fantaseando, se encuentra en este estado, así como la persona que tras conducir un rato, de repente se da cuenta de que no recuerda como ha hecho los últimos kilómetros. Es un estado de inspiración de ideas y soluciones creativas. Se trata de un estado en el que las tareas realizadas se han automatizado, ya no se necesita tener un control atencional y consciente de su ejecución, pudiendo el sujeto distanciarse de ellas mentalmente.
Beta	14-35 Hz	2 μ V a 20 μ V	Se producen cuando el cerebro está despierto e implica actividades mentales. Son ondas amplias y de mayor velocidad de transmisión. Denotan una actividad mental intensa. Cuando una persona está dando un discurso, estudiando, realizando un problema de matemáticas, etc. su cerebro se encuentra emitiendo este tipo de ondas.
Delta	0,5-4 Hz	20 μ V a 200 μ V	Son las ondas de mayor amplitud y menor frecuencia. Nunca llegan a cero, pues eso significaría la muerte cerebral. Se generan ante un estado de 'sueño profundo'. Cuando nos vamos a dormir, las ondas cerebrales van pasando sucesivamente de beta a alfa, theta y finalmente, delta. Durante el sueño se producen ciclos que duran unos 90 minutos.
Gamma	30 - 80Hz	5 μ V y 10 μ V	Se presenta como respuesta a estímulos sensoriales o sonidos contundentes. Son las más rápidas y de alta frecuencias, se relacionan con el procesamiento simultáneo de información en diferentes áreas del cerebro. El cerebro presenta mucha actividad, generando estados de ansiedad y pánico, pero también ocurren cuando se encuentra en estados de amor universal y altruismo.

2.2.7 Frecuencias Cerebrales

En la tabla 6 se muestra de forma resumida las frecuencias estudiadas por diversos neuro-científicos e investigadores, que pueden ser asociadas a la modificación del estado de conciencia a través de la estimulación de la mente o el cuerpo [25].

Tabla 6: Tipos de frecuencias cerebrales [25]

Tipos de frecuencias cerebrales	Características
Frecuencias curativas	Son frecuencias utilizadas para curar enfermedades de diversas clases, o estimular una región del cuerpo. Algunos especialistas prefieren la aplicación de una estimulación Electromagnética (EM) en una parte exacta del cuerpo, mientras que otros prefieren la utilización de la vibración y el sonido.
Frecuencias naturales	Son las frecuencias naturales que ocurren en la naturaleza, como los tonos calculados de las órbitas de los distintos planetas. Las fuentes de estas frecuencias se consideran que pueden afectar a seres humanos de diversas maneras.

2.2.8 Electrodo para Electroencefalografía

Técnicamente la actividad bioeléctrica cerebral es captada a nivel del cuero cabelludo por los electrodos, luego es amplificada y, finalmente registrada. Los electrodos deben ser diseñados y construidos de tal manera que permitan registrar la actividad eléctrica en forma eficiente y con el mínimo de distorsión. En fisiología, las características de lo que se va a registrar y su situación anatómica determinan el tipo de electrodos a utilizar y éstos, a su vez, el tipo de circuito amplificador que se necesitan [24, 25].

Aunque los electrodos pueden ser de tamaño, forma y material distintos, y aplicados sobre el cuero cabelludo por diferentes medios, deben tenerse en cuenta algunos principios generales en su diseño y uso. Lo importante es resaltar, que de nada sirve tener dispositivos de amplificación avanzados y den gran potencia, si de todos modos la señal va a llegar con distorsión desde los electrodos, es decir antes de llegar a los amplificadores [24, 25].

2.2.9 Tipos de Electrodo

Existen varios tipos de electrodos según la forma en que se obtiene el registro: Superficiales, de aplicación sobre el cuero cabelludo; Especiales (Basales), aplicables en la base del cráneo sin necesitar procedimiento quirúrgico, y Neuroquirúrgicos. Estas tres formas de capturar la señal bioeléctrica hacen que el registro tengan diferente nombre, si se utilizan electrodos de superficie o basales, el gráfico resultante se llama electroencefalograma; cuando se usan electrodos quirúrgicos, electrocorticograma; y cuando se emplea electrodos profundos se llama estéreo electroencefalograma. En la tabla 7 se muestra los tipos de electrodos [25].

Tabla 7: Tipos de electrodos [25]

Tipos de Electrodos	Características
Electrodos de superficie	Son de fácil y rápida colocación y remoción, indoloros y permanecen por un tiempo prolongado en la misma posición sin dificultades. Para tales fines se ha diseñado varios tipos de electrodos, que en términos generales se pueden dividir en tres clases: adhesivos, de contacto y de aguja. La resistencia de cualquier de estos ya aplicado sobre el cuero cabelludo no debe ser mayor a $10K\Omega$ y no debe de producir interferencia durante el registro.
Electrodos basales (especiales)	La cara interna del cerebro es imposible de explorar sin embargo, la parte basal tiene vías de acceso que permiten su exploración con electrodos especialmente diseñados para ello. De esta manera se han introducido electrodos especiales, como el faríngeo, el esfenoidal y el timpánico, que se denominan genéricamente “electrodos basales” porque exploran la base de los lóbulos frontales y temporales del cerebro.

2.2.10 Técnicas de Registro de EEG

Los captadores utilizados en el registro de EEG son electrodos incorporados a un casco, con la ventaja de no tener que colocarlos uno a uno. En el caso del registro de la actividad eléctrica cerebral existe un sistema estandarizado de colocación de electrodos, que permite a los investigadores ahorrarse descriptores [26].

El SI 10-20 recibe su nombre del hecho de que las posiciones básicas para la colocación de los electrodos se distancian entre sí un 10 o un 20 por 100 de la medida total de cada cráneo. Este sistema de porcentajes permite colocar los electrodos en zonas equivalentes de cualquier cabeza, sea cual sea el tamaño o forma del cráneo. Los ejes fundamentales de medida son dos. El primero, de orientación sagital (o anteroposterior), se dirige del nasión (punto en el que comienza el hueso nasal) al inión (punto en el que termina el cráneo en este eje antero-posterior). El segundo, transversal, se dirige de un conducto auditivo al otro pasando por el vértex (Cz, es decir, la mitad del primer eje) [26].

Los nombres de las posiciones provienen del lóbulo sobre el que se encuentran (Occipital, P-parietal, T-temporal). El lóbulo frontal, el más extenso, se diferencia de forma que: Fp se refiere a su zona anterior, F a su zona media y C (de central: surco central) a su zona posterior. En cuanto a los subíndices, z (de zero, “cero” en inglés indica que el electrodo se encuentra en la línea media, un número impar significa hemisferio izquierdo y uno par, hemisferio derecho. Así, por ejemplo, sabremos sin necesidad de consultar que un electrodo colocado en P3 está situado sobre el lóbulo parietal izquierdo [26].

Se ha propuesto una actualización del SI 10-20 (American EEG Society, 1991) que proporciona nuevas nomenclaturas a posiciones no contempladas en el esquema original, ya que resulta relativamente sencillo hoy en día acceder a instrumental capaz de registrar más canales que cuando se ideó el SI 10-20 en los años cincuenta [26].

En los registros EEG se utilizan tanto montajes monopolares como bipolares, así como específicos de esta señal. En cualquiera de ellos debemos emplazar un electrodo derivado a tierra: por la comodidad en la colocación, suele emplearse un electrodo de copa adherido a la zona central de la frente. Por otra parte, en cualquiera de los montajes empleados, raramente se recurre a la utilización de un único canal. Los montajes bipolares son particularmente útiles para investigar diferencias interhemisféricas, estrategia que ha permitido determinar la localización hemisférica de varias funciones cerebrales. En estos casos, los dos electrodos de cada canal suelen situarse en zonas simétricas [26].

Los montajes monopolares se utilizan para conocer la actividad intrínseca de una zona, ya que el potencial captado por el electrodo activo, situado en alguna de las posiciones del SI 10-20, se compara con el potencial teóricamente nulo ($=0$) que capta el de referencia (recordemos que éste debe ser común a todos los canales utilizados). Existen varias posiciones teóricamente inactivas para emplazar el electrodo de referencia. Las más utilizadas son los mastoides, lóbulos de los pabellones auditivos y punta de la nariz [26].

Todas estas posiciones comparten el hecho de que, estando relativamente fuera de la influencia de la actividad EEG están también libres de artefactos de electromiografía –EMG- (no existe en ellas musculatura bajo la piel). En el caso de los mastoides o lóbulos de las orejas, y con el fin de evitar que la referencia quede desplazada lateralmente (encontrándose más cerca de los electrodos de un hemisferio que los del otro), suelen interconectarse dos electrodos, colocados cada uno en un mastoide o lóbulo, en un solo cable, funcionando como una única referencia [26].

2.2.11 Sistema de posicionamiento 10-20

El sistema internacional de posicionamiento 10-20, es un estándar internacional definido por la FISE (Federación Internacional de Sociedades de Electroencefalografía) que describe en qué ubicación del cráneo deben ser colocados los electrodos, para la medición mediante un Encefalograma [27].

Dicho sistema está basado en la relación entre la localización del electrodo y el área de la corteza cerebral ubicada bajo el; los números “10” y “20” se refieren a que la distancia entre los electrodos vecinos puede ser de 10% o 20% de la distancia total entre la zona frontal y posterior, o de derecha a izquierda del cráneo, cada zona tiene asignada una letra para identificar el lóbulo y un número para identificar en qué hemisferio se encuentra, si el número es par, las posiciones de los electrodos pertenecen al hemisferio derecho del cerebro, si el número es impar pertenecen al hemisferio izquierdo; en la tabla 8 se indica la identificación de los electrodos según su posición [27].

Tabla 8: Identificación de los electrodos según su posición [27]

Identificador del Electrodo	Lóbulo
F	Frontal
T	Temporal
C	Central
P	Parietal
O	Occipital

Esencialmente se utilizan cuatro referencias anatómicas para el posicionamiento de los electrodos, la primera es el nasion, es el punto entre el hueso frontal y los dos huesos de la nariz del cráneo; el segundo es el inion, que corresponde con el punto inferior trasero del cráneo y es la proyección más prominente del hueso occipital; y por último los puntos pre auriculares detrás de los oídos [27, 28].

Para situar los electrodos según el sistema internacional se procede a medir la distancia entre el nasion y el inion pasando por el vertex, el 10% de esta distancia sobre el nasion nos señala el punto Fp (Frontal portal) y el 10% de esta distancia sobre el inion señala el punto O (Occipital); donde nasion es el punto entre la frente y la nariz; inion es el punto más bajo del cráneo y vertex es el punto más superior de la sutura interparietal. En la figura 3 se muestra el punto frontal y el punto occipital [27, 28].

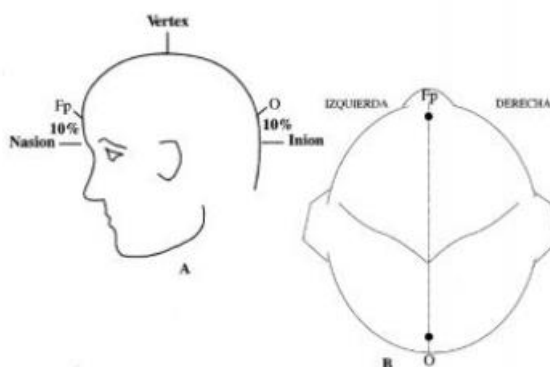


Fig. 3: Punto Frontal-Punto Occipital [28]

2.2.12 Procesamiento de la señal EEG

Procesar la señal EEG es extraer las características de la señal deseada para facilitar la clasificación y evaluación para convertir en comandos del sistema. El procesamiento de la señal EEG consta de cuatro etapas: [29].

- Pre procesamiento: que es la eliminación del ruido y limpieza de la señal, utilizando filtro pasa banda digital, el uso de filtros ayuda a muestrear la señal EEG sin pérdida de información, permitiendo que el sistema sea rápido.

- **Extracción de características:** aquí se extraen características importantes de la señal original, la extracción consiste en la ejecución de combinaciones y transformaciones sobre las señales cerebrales en el dominio frecuencia, tiempo, tiempo-frecuencia.
- **Clasificación:** es la detección de estados mentales específicos, el éxito de esta clasificación se da por la apropiada elección de los parámetros que caracterizan la señal, por la efectividad de los algoritmos de clasificación y capacidad de la persona para producir o controlar las características.
- **Entrenamiento:** donde se entrena el sistema con un usuario específico, ya que cada usuario tiene patrones EEG distintos.

2.2.13 Bioelectricidad cerebral

Descubre e interpreta los fenómenos bioeléctricos originados en la corteza cerebral, con el objetivo de aplicar estos estudios al análisis de distintas patologías, como la enfermedad del Parkinson, Alzheimer o la epilepsia. Para ello, se utiliza como método de obtención de las señales cerebrales la electroencefalografía, que es la exploración y registro neurofisiológico de los potenciales eléctricos generados en el cerebro empleando electrodos situados sobre la superficie del cuero cabelludo [30].

Los primeros resultados obtenidos fueron prometedores, además se redujo la información que se obtiene del electroencefalograma, puesto que analizar todas sus características requiere mucho tiempo y gran capacidad computacional. Para ello, se ha diseñado un algoritmo que permite extraer las características más relevantes de la señal que se asocian a la enfermedad para poder detectar y clasificar con mayor rapidez las crisis, así como también determinar qué partes o zonas del cerebro están más afectadas [30].

La ventaja que tiene la bioelectricidad cerebral es que permite desarrollar tareas de detección, clasificación o localización de enfermedades neurológicas con poca información, el electroencefalograma contiene mucha información pero se trata de mejorar la eficacia de tareas analizando poca información, mediante la selección de los datos de la señal más significativos [30].

Este método se puede dividir, grosso modo, en cuatro tareas fundamentales: la adquisición de la señal por medio de la electroencefalografía, la limpieza o pre-procesamiento de la señal para eliminar el ruido y la extracción / selección de características dependiendo de la aplicación que se desee hacer. Este método, explican los investigadores, extrae información sobre el plan tiempo-frecuencia de la señal de una forma sencilla y novedosa, facilitando las tareas de detección y clasificación de segmentos de las enfermedades y abriendo la posibilidad de aplicar este algoritmo en otras patologías [30].

Inicialmente se ha desarrollado este método para la clasificación y detección de crisis epilépticas, pero como trabajo futuro se desea aplicarlo a otras enfermedades neurodegenerativas, como el Parkinson, el Alzheimer o el análisis de diversos trastornos del sueño, tal como se muestra en la figura 4 [30].

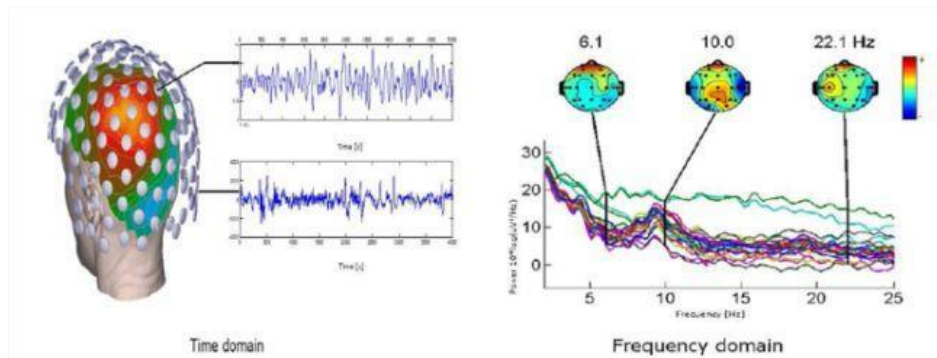


Fig. 4: Método de clasificación de señales [30]

2.2.14 Interfaz cerebro computadora (BCI)

Las interfaces cerebro-computador son sistemas capaces de medir la actividad neurológica del cerebro y traducirlas para que puedan ser procesadas por un programa de ordenador, con el objetivo de generar señales de control y/o estudiar la actividad cerebral generada durante diferentes actividades y/o factores externos [31, 32].

El desarrollo de una interfaz entre el cerebro humano y un sistema artificial como la computadora, no es algo reciente. En los últimos años se ha desarrollado mucho el interés por lograr este objetivo, siendo una de sus aplicaciones más importantes en el campo de la medicina y más concretamente en la rehabilitación, contribuyendo a establecer un canal de comunicación y control para aquellos individuos con importantes deficiencias en sus funciones motoras. El sistema que permite esto último es lo que se conoce como interfaz cerebro-computadora o BCI (Brain-Computer Interface) [31, 32].

BCI tiene como prioridad el análisis de las señales electroencefalográficas (EEG), que son captadas durante algún tipo de actividad mental con el objetivo de controlar un dispositivo externo. La señal EEG constan con una gran variedad de diferentes estados identificados por su frecuencia, localización y otros aspectos relacionados con la función cerebral que hacen que la señal EEG sea extremadamente compleja, sin embargo, numerosos estudios muestran la capacidad que tienen las personas para controlar algunas características de dicha actividad EEG, esto podría convertirse en una nueva señal de salida que permitiera transmitir los deseos de una persona a un componente externo [31, 32].

2.2.15 Componentes de un sistema BCI

Los componentes de un sistema BCI permiten capturar las manifestaciones eléctricas, magnéticas o de otro tipo de la actividad cerebral de los deseos de comunicación del usuario y traducirlas en órdenes que son interpretadas y ejecutadas por una computadora u otro dispositivo. Tal como se muestra en la figura 4 que se tienen los elementos de un sistema de interfaz cerebro-computador [33].

En la figura 5 se muestra el principio fundamental de la interfaz cerebro ordenador y se describe de la siguiente manera: [33].

- **Adquisición y acondicionamiento de la señal:** aquí se captura la actividad cerebral mediante electrodos colocados en la superficie de la corteza cerebral; y se acondiciona la señal mediante diferentes etapas de amplificación, filtrado y digitación.
- **Procesamiento de la señal:** dentro de esto se recibe la señal eléctrica cerebral digitaliza y se la transforma a comandos que entienda el dispositivo que el usuario quiera utilizar.
- **Interfaz de control:** recibe los comandos de control y realiza las acciones correspondientes en el dispositivo.
- **Estimulador:** algunos sistemas incluyen un estimulador que es manejada por la interfaz de control.
- **Configuración:** permite a un operado definir y ajustar los parámetros del sistema que pueden ser definidos por el propio usuario.
- **Dispositivo:** existen un rango limitado de dispositivos que pueden ser utilizados en un sistema BCI, como computadoras, sintetizadores de voz, neuroprotesis o encender o apagar la luz de la habitación.
- **Ambiente de operación:** se refiere al ambiente físico como pared, piso, superficie, así como objetivos y personas en el ambiente afectan o puedan afectar en el funcionamiento del sistema.

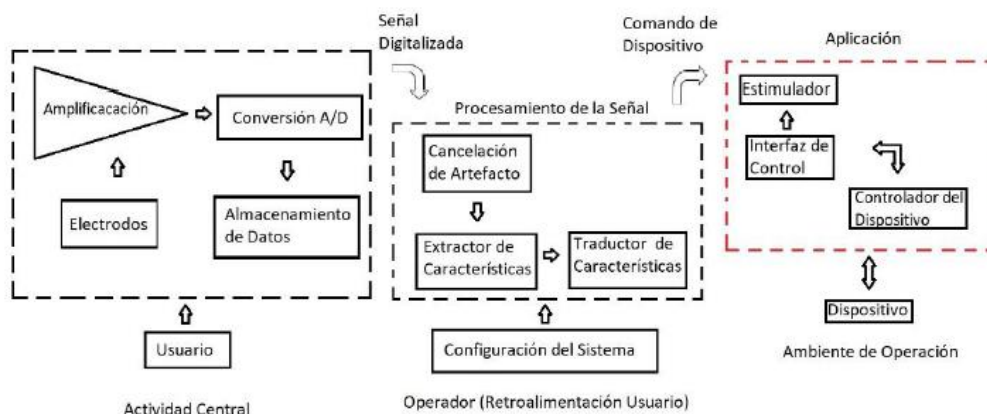


Fig. 5: Elementos de un sistema de interfaz cerebro-computador [33]

2.2.16 Tipos de BCI

Invasivo:

En las BCI de tipo invasivo, los sensores se implantan directamente en la materia gris del cerebro mediante una neurocirugía. Debido a que se encuentran en la sustancia gris, estos dispositivos producen señales de mayor calidad de todos los dispositivos de BCI, pero son propensos a que con el tiempo se genere una cicatriz de tejido por acumulación, haciendo que la señal se debilite o desaparezca por completo, ya que el cuerpo reacciona a los objetos extraños en el cerebro [34].

El método invasivo conlleva a una cirugía para poder implantar los dispositivos necesarios en este caso sería los sensores, este procedimiento quirúrgico se le denomina craneotomía que consiste en la apertura del cráneo. Existen métodos todavía más invasivos, como puede ser el caso de las grabaciones intraparenquimales o intracorticales. En estos casos se pueden llegar a colocar numerosos electrodos incluso dentro de la materia gris del cerebro. La calidad de las señales será por tanto altísima con una gran resolución espacial [34].

Mediante los métodos invasivos se obtiene unas comunicaciones más rápidas y precisas a la hora de desarrollar un BCI pero sobrelleva un riesgo alto para la salud del usuario, dado que requiere cirugía intracraneal. Esto además se traduce en que la experimentación de esta alternativa de toma de datos no ha podido ser probada extensamente en humanos [34].

Parcialmente invasivo:

En los BCI parcialmente invasivos, los sensores se implantan dentro del cráneo mediante cirugía pero sin invadir la materia gris, por lo que las señales siguen siendo de la mejor calidad que en los métodos no invasivos, con la ventaja de que el riesgo de que se creen cicatrices es mucho menor que el invasivo [34].

No invasivo:

La mayoría de las investigaciones y experimentos publicados sobre BCI en los últimos años se realizan con interfaces de tecnologías no invasivas, debido a que son sencillos de instalar y remover y no requieren cirugías, sin embargo la resolución que puede alcanzar es mucho menor y no es capaz de detectar señales de alta frecuencia [34].

Este método no invasivo consiste en ubicar los electrodos en la superficie de la corteza cerebral, sin la necesidad de una intervención quirúrgica evitando posibles lesiones cerebrales o infecciones que afectarían al usuario. Los métodos no invasivos más utilizados para la implementación de interfaces cerebro-maquina es la electroencefalografía [34].

2.2.17 Aplicaciones interfaces cerebro-máquina

En la tabla 9 se detallan las características de las aplicaciones de interfaces cerebro-maquina las cuales son variadas; aunque su beneficio se encuentra dada por diferentes factores [34].

Tabla 9: Aplicaciones interfaces cerebro-máquina [34]

Aplicaciones	Características
Transferencia de información	Una de las mayores desventajas de las interfaces cerebro-máquina es su baja transferencia de información. Algunas de las utilidades que podrían derivarse del uso de BCIs se ven dificultadas por el hecho de requerir una mayor transferencia de datos, especialmente si se trata de actividades de entretenimiento.
Movilidad de los usuarios	Los sistemas BCIs tienen como objetivo mejorar el estilo de vida de adultos mayores que sufren algún tipo de discapacidad. Para personas que no tienen ningún problema motor la utilidad de estas interfaces es muy limitada y actualmente está prácticamente enfocada en el ocio.

2.2.18 Comunicaciones Inalámbricas

La comunicación inalámbrica no se encuentra unida por un medio de propagación físico, utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. Las comunicaciones inalámbricas son de gran ayuda ya que estas se utilizan para zonas de difícil acceso, que utiliza una antena para transmitir la señal y de igual forma otra para poder recibir la señal de transmisión, estas señales pueden alcanzar grandes distancias dependiendo de las características del medio de transmisión. Dentro de las comunicaciones inalámbricas se tienen diferentes tipos de las mismas tal como se muestra en la figura 5 [35, 36, 37].

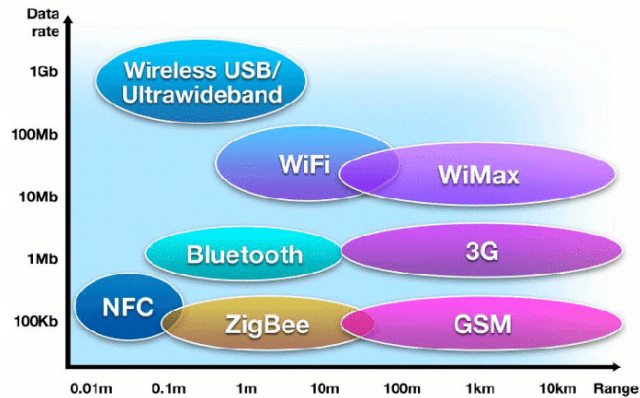


Fig. 6: Tipos de comunicaciones inalámbricas [35, 36, 37]

Tecnologías inalámbricas:

En la tabla 10 se detalla el tipo de tecnología inalámbrica y sus características principales [35, 36, 37].

Tabla 10: Tipos de tecnologías inalámbricas [35, 36, 37]

Tipos	Características
Radio Frequency Identification (RFID)	Esta tecnología se introdujo para identificar y seguir objetos a través de pequeños chips electrónicos. Se componen de un circuito integrado, un transductor radio y una antena. Pueden ser pasivas (sin batería), activas (propia batería) e híbrida (batería y Tx de información con lector RFIP).
Bluetooth	Bluetooth es una tecnología estándar para el intercambio de datos a través de distancias cortas creando redes de área personal. Utiliza transmisiones de radio de onda corta en la banda 2400 hasta 2480 MHz.
ZigBee	Se basa en el estándar IEEE 802.15.4; que es un estándar abierto para abordar las necesidades únicas de bajo costo, redes inalámbricas de bajo consumo para la comunicación entre dispositivos (maquina a máquina o redes M2M). Es muy similar al Bluetooth aunque se diferencia en que: Admite más dispositivos en una red, tiene menor consumo y mayor alcance (300m).
WiFi	La más conocida de todas y seguramente la más usual en las casas. Estándar IEEE 802.11x, la principal ventaja sobre las otras tecnologías a parte de conectar directamente con Internet es que esta conexión es muy fácil de establecer.

2.2.19 Software Labview

Labview es elaborado por la empresa National Instruments enfocado a la programación de herramientas virtuales en un entorno gráfico. Los esquemas elaborados en LabVIEW son nombrados instrumentos virtuales porque su apariencia y forma de trabajo imitan los instrumentos físicos [38].

LabVIEW ofrece un enfoque de programación gráfica que ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración. Esta visualización hace que sea más fácil integrar hardware de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas [38].

• Panel Frontal

Cuando abre un VI nuevo o existente, aparece la ventana del panel frontal del VI. La ventana del panel frontal es la interfaz de usuario para el VI. Además el panel frontal es una interfaz gráfica que interactúa con el usuario, esta interfaz es capaz de representar las salidas mediante el programa labview. El panel frontal está constituido por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc. Tal como se muestra en la figura 7 [38].

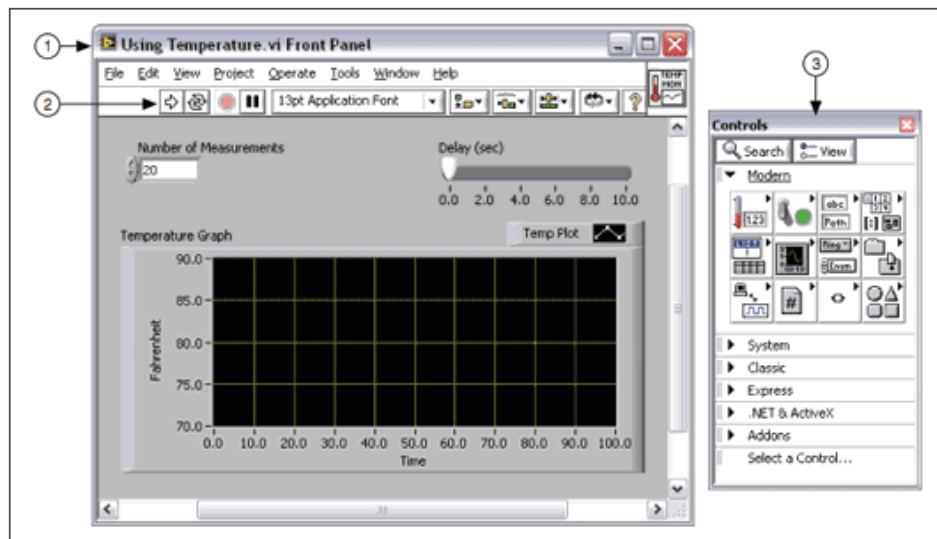


Fig. 7: Panel frontal de Labview [38]

• Paleta de Controles

La paleta de Controles contiene los controles e indicadores que utiliza para crear el panel frontal. Puede tener acceso a la paleta de Controles de la ventana del panel frontal al seleccionar View»Controls Palette o al dar clic con botón derecho en cualquier espacio en blanco en la ventana del panel frontal. La paleta de Controles está dividida en varias categorías; puede exponer algunas o todas estas categorías para cumplir con sus necesidades. Tal como se muestra en la figura 8 [38].



Fig. 8: Paleta de controles [38]

• Controles e Indicadores

Se crea el panel frontal con controladores e indicadores, que son las terminales interactivas de entrada y salida del VI, respectivamente. Los controles pueden ser perillas, botones, barras deslizantes y otros dispositivos de entrada. Los indicadores son gráficas, LEDs y otras pantallas. Los controles simulan dispositivos de entrada de instrumentos y suministran datos al diagrama de bloques del VI. Los indicadores simulan dispositivos de salida de instrumentos y muestran los datos que el diagrama de bloques adquiere o genera [38].

El usuario puede cambiar el valor de entrada para los controles Number of Measurements and Delay (sec). El usuario puede ver el valor generado por el VI en el indicador Temperature Graph. El VI genera los valores para los indicadores basados en el código creado en el diagrama de bloques [38].

Cada control o indicador tiene un tipo de datos asociado con él. Por ejemplo, el slide horizontal Delay (sec) es un tipo de datos numérico. Los tipos de datos utilizados con mayor frecuencia son numéricos, valor Booleano y cadena de caracteres [38].

• Controles e Indicadores Numéricos

El tipo de datos numérico pueden representar números de varios tipos como un entero o real. Los dos objetos numéricos comunes son el control numérico y el indicador numérico. Los objetos como medidores y perillas también representan datos numéricos. Tal como se observa en la figura 9 [38].

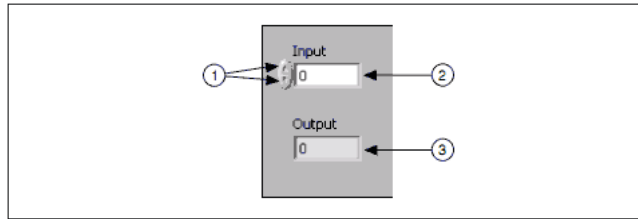


Fig. 9: Incremento/Reducción de control numérico, Control, Indicador. [38]

• Diagrama de Bloques

Los objetos del diagrama de bloques incluyen terminales, subVIs, funciones, constantes, estructuras y cables, que transfieren datos junto con otros objetos del diagrama de bloques mostrado en la figura 10 [38].

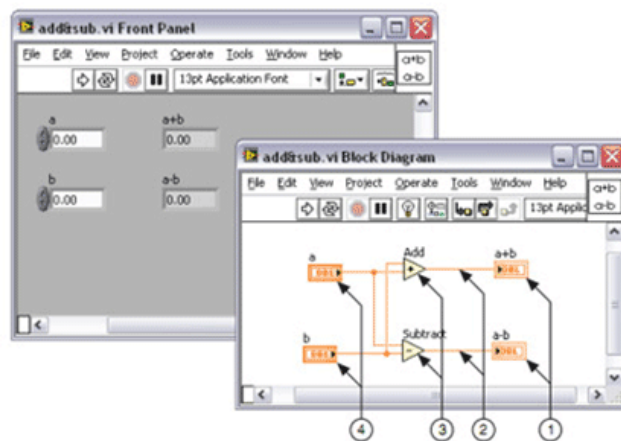


Fig. 10: Terminales de indicador, cables, nodos, terminales de control [38].

• Ventana del Diagrama de Bloques

Después de crear la ventana del panel frontal, se añade el código usando representaciones gráficas de funciones para controlar los objetos del panel frontal. La ventana del diagrama de bloques contiene este código de fuente gráfica, mostrado en la figura 11 [38].

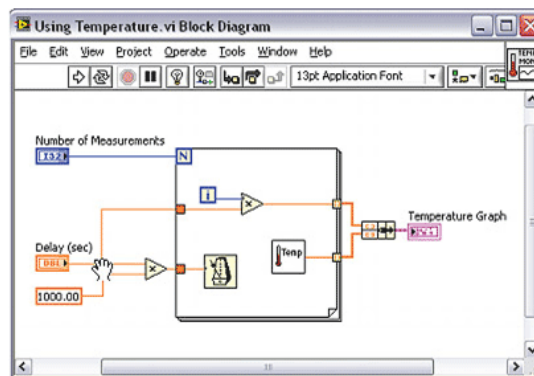


Fig. 11: Diagrama de Bloques [38]

• Terminales de Diagrama de Bloques

Los objetos en la ventana del panel frontal aparecen como terminales en el diagrama de bloques. Las terminales son puertos de entrada y salida que intercambian información entre el panel frontal y diagrama de bloques. Las terminales son análogos a parámetros y constantes en lenguajes de programación basados en texto [38].

Los tipos de terminales incluyen terminales de control o indicador y terminales de nodo. Las terminales de control e indicador pertenecen a los controles e indicadores del panel frontal. Los datos que usted proporciona en los controles del panel frontal (a y b en el panel frontal anterior) pasan al diagrama de bloques a través de las terminales de control. Entonces los datos ingresan las funciones de Suma y Resta. Cuando las funciones de Suma y Resta terminan sus cálculos, producen nuevos valores de datos. Los valores de datos van a las terminales de indicador, donde actualizan los indicadores del panel frontal (a+b y a-b en el panel frontal anterior) [38].

• Paleta de Funciones

La paleta de Funciones contiene los VIs, funciones y constantes que se utiliza para crear el diagrama de bloques. Se tiene acceso a la paleta de Funciones del diagrama de bloques al seleccionar View»Functions Palette. La paleta está dividida en varias categorías; puede mostrar y esconder categorías para cumplir con sus necesidades como se muestra en la figura 12 [38].

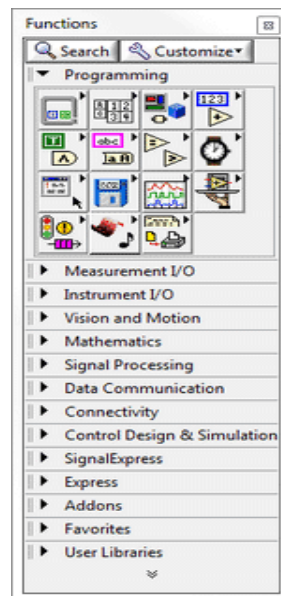


Fig. 12: Paleta de Funciones [38]

2.2.20 Casco Mindwave

El casco Mindwave se trata de un dispositivo cuya función es medir la frecuencia de las ondas cerebrales, para monitorearlas y mostrarla en la pantalla del ordenador. Es capaz de medir los niveles de relajación, meditación y atención del usuario. Estos dispositivos no generan interferencia con la actividad cerebral ni es condicionada [39].

La diadema consta de un sensor seco que ayuda a captar las frecuencias de las ondas cerebrales, este sensor es ubicado en la frente donde los neurocientíficos la denominan zona FP1, este dispositivo se comunica con el ordenador mediante un dispositivo inalámbrico. A continuación, en la figura 13 se muestra la estructura física de la diadema neurosky [39].



Fig. 13: Estructura de Mindwave Mobile [39]

La mayoría de aplicaciones que se realizan con este dispositivo es el uso práctico, ya que consta de un sensor; es decir, se tiene un solo canal a medir. Neurosky ha implementado un algoritmo que puede medir los niveles de relajación y atención en una escala de 0 a 100 todo esto a través de los ritmos cerebrales [39].

Estructura de datos de Envío MindWave

Las diademas de ondas cerebrales pueden enviar diferentes tipos de información en sus paquetes de datos a continuación, se detalla cada una de ellas: [40].

- **POOR SIGNAL Quality (Calidad de la señal):** Poor signal quality es una señal que se envía en un byte sin signo y describe que tan baja es la señal recibida. El rango de la señal es de 0 a 255, mientras la señal es más alta se tiene un mayor ruido detectado. Cuando el valor es de 200 esto indica que no hay contacto entre el sensor y la frente del usuario, estas medidas se toman cada segundo.
- **ATTENTION eSense (nivel de concentración):** Attention eSense es un byte sin signo que contiene los niveles de concentración, atención del usuario que utiliza el dispositivo de la diadema. El rango de este nivel es de 0 a 100. Cuando el valor es de 1 a 40 indica que el nivel de concentración es muy bajo, nivel entre 40 y 60 es neutral,

cuando esta entre 60 y 80 se considera un poco elevado y valores entre 80 y 100 son considerados elevados, esta señal se transmite cada segundo.

- **MEDITATION eSense (nivel de calma):** Meditation eSense es un byte sin signo, este dato indica los niveles de calma y relajación, los valores de medida de estas señales son de 0 a 100 y son transmitidas cada segundo.
- **RA Wave Value (Muestra de onda cerebral):** RA Wave Value es un valor que consiste en dos bytes, su valor se encuentra en una variable de 16 bits con signo, su rango va en el intervalo de -32768 a 32767. En el primer byte representa los niveles altos, mientras en el segundo indica los niveles bajos. Esta señal transmitida por la diadema se da 512 veces por segundo.

2.2.21 Transformada rápida de Fourier

La Transformada Rápida de Fourier es un algoritmo que permite calcular eficientemente la Transformada de Fourier Discreta y su inversa. La Transformada Rápida de Fourier es de suma importancia en el análisis, diseño y realización de algoritmos y sistemas de procesamiento de señales dado que brinda mayor eficiencia tanto en tiempo como en recursos [41, 42].

Toda señal periódica puede ser representada por la suma de series de Fourier. Con un análisis adecuado es posible obtener una representación de Fourier para señales de duración finita. Esta representación es la que se conoce como la Transformada de Fourier Discreta (TFD). La TFD se puede representar como en la ecuación 1: [41, 42]

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot W_N^{kn} \quad \begin{cases} k = 0, 1, \dots, N-1 \\ W_N = e^{-\frac{j2\pi}{N}} \end{cases} \quad (1)$$

La idea básica detrás de la FFT consiste en la división del tiempo, es decir, en la descomposición iterativa en Transformadas de Fourier Discretas más simples. La FFT hace uso de dos propiedades de la Transformada de Fourier Discreta. La FFT presentada asume que N es potencia de 2, sin embargo, existen métodos para adaptar otros valores de N a las condiciones necesarias de este algoritmo [41, 42].

Las propiedades que se aprovechan son las siguientes:

Simetría conjugada compleja como se muestra en la ecuación 2:

$$W_N^{k(N-n)} = W_N^{-kn} = (W_N^{kn})^* \quad (2)$$

Periodicidad en n, k como se muestra en la ecuación 3:

$$W_N^{kn} = W_N^{k(N+n)} = W_N^{(k+N)n} \quad (3)$$

La FFT divide la Transformada de Fourier Discreta a calcular en dos TFD menores según la paridad de los términos; como se observa en la ecuación 4 y 5: [41, 42]

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot W_N^{kn} = \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x[2r] \cdot W_N^{2rk} + \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x[2r+1] \cdot W_N^{(2r+1)k} \quad (4)$$

$$r = 0, 1, \dots, \frac{N}{2} - 1$$

$$X[k] = \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x[2r] \cdot (W_N^2)^{rk} + W_N^k \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x[2r+1] \cdot (W_N^2)^{rk} \quad (5)$$

Sabiendo que: $W_N^2 = e^{-\frac{j2\pi}{N/2}2} = e^{-\frac{j2\pi}{N/2}} = W_{N/2}$, se puede re-expresar ña TFD de N muestras en la suma de dos TFD de N/2 muestras como se identifica en la ecuación 6: [41, 42]

$$X[k] = \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x[2r] \cdot (W_{N/2})^{rk} + W_N^k \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x[2r+1] \cdot (W_{N/2})^{rk} \quad (6)$$

La Transformada Rápida de Fourier es un algoritmo para el cálculo de la Transformada Discreta de Fourier basado en la división del tiempo, eliminando así gran parte de los cálculos repetitivos que hay que llevar a cabo si se desea resolver la TFD de forma directa. Si hacemos una comparación del costo de los dos métodos, el cálculo directo de la TFD y la FFT, podemos observar el factor de mejora que brinda la FFT [41, 42].

Transformada Rápida de Fourier en Labview

Para la creación de señal periódica se necesita crear controles numéricos, con los nombres de frecuencia, amplitud y constante respectivamente. Luego se inserta un indicador gráfico (Graph Inds); en el Block Diagram se encuentra la representación de los objetos creados en el front panel [43].

Se debe insertar o crear una señal de entrada (simulación) ubicado en Inputs; el Show context help entregara información de cada bloque que se seleccione, a continuación se une los bloques de frecuencia y amplitud al bloque de simulación de la señal, para esto se inserta el bloque aritmético de suma. Y el análisis de la señal será el valor medio, RMS, periodo ciclo, etc. Para medir el valor medio y rms de la onda o señal generada se debe insertar un indicador en las salidas DC y RMS del bloque recién creado [43].

Para el análisis espectral (FFT) en Block Diagram insertar el diagrama de Spectral Measurements (Analysis) y configurar el análisis de la transformada de Fourier, con resultado Lineal y conversión a grados. Una la señal antes creada (señal sinusoidal) al bloque espectral, e insertar gráficos en ambas salidas del bloque como se muestra en las figuras 14 y 15 [43].

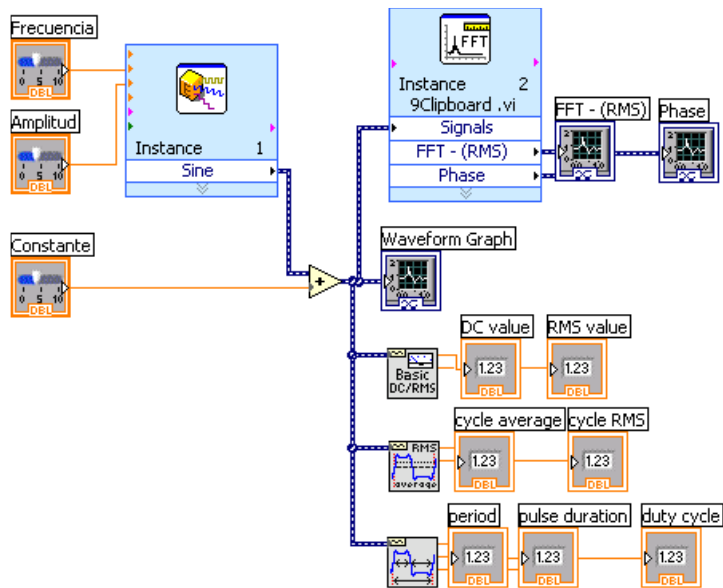


Fig. 14: Programación en bloques de análisis espectral [43]

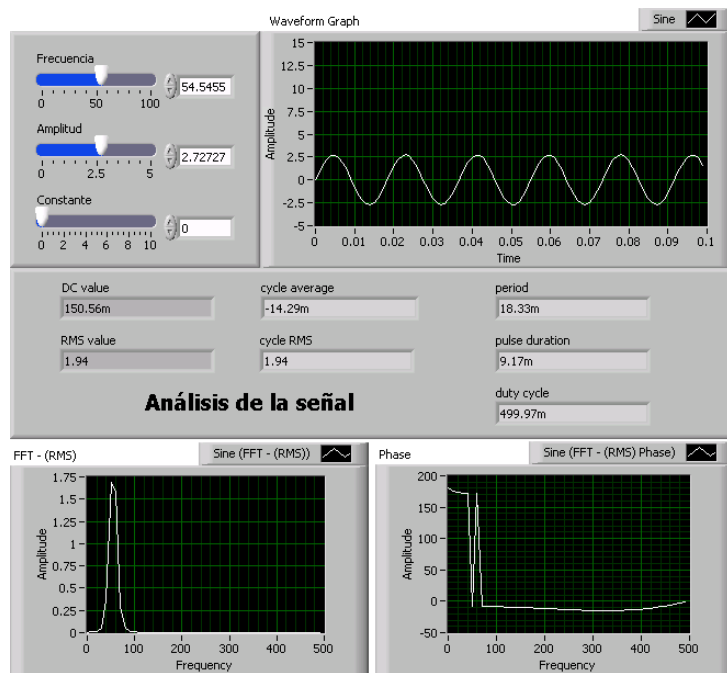


Fig. 15: Resultado gráfico del análisis espectral [43]

2.2.22 Histogramas en Labview

Gráficos de control

Los gráficos de control son la herramienta principal del control estadístico de los procesos. Estos se utilizan para estudiar como un proceso cambia a través del tiempo y permiten monitorear la variación característica del producto o servicio a lo largo del tiempo [44].

Cada proceso tiene al menos algún grado de variación, sin embargo esta variación puede ser común y esperada o impredecible y no deseada. Las causas comunes de

variación frecuentemente generan una distribución normal (en sus datos). Las causas especiales son menos predecibles y los valores no están agrupados alrededor del mismo valor promedio. La meta del control estadístico de procesos y por ende de las gráficas de control, es seguir la variación en los productos y diferenciar la variación común de la variación especial [44].

El procedimiento a seguir para el uso de las gráficas de control es el siguiente: [44]

- Elegir el tipo de gráfico de control apropiado para los datos.
- Determinar el periodo de tiempo apropiado para recolectar y graficar los datos.
- Recolectar datos (las mediciones son agrupadas en muestras o subgrupos) y construir la gráfica.
- Analizar los datos y buscar “señales fuera de control” en la gráfica de control.
- Una vez identificada una señal fuera de control, investigar la causa de la misma y documentar como se investigó, que se aprendió, la causa y como fue corregido.

Para construir una gráfica de control el operador periódicamente mide un pequeño número de piezas y calcula el promedio de la muestra, que es colocado en las gráficas de control. Estos valores se grafican contra el tiempo y se le agregan límites de control a la gráfica; usualmente están dentro de + 3 desviaciones estándar de la media estadística de interés. Esto significa que las gráficas de control siempre tienen una línea central para el valor promedio (CL por sus siglas en inglés), una línea superior para el límite superior de control (UCL) y una línea inferior para el límite inferior de control (LCL) tal como lo muestra la figura 16 [44].

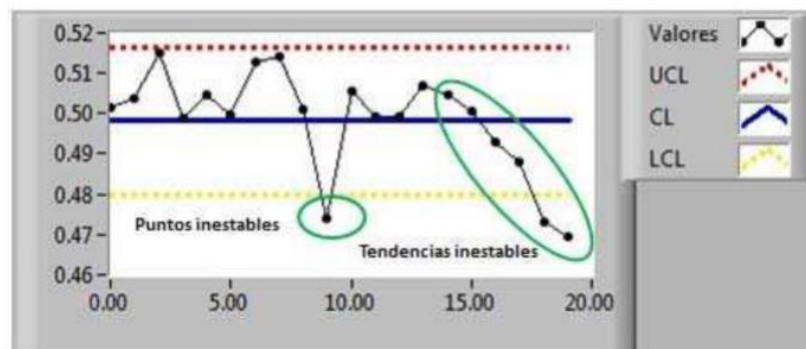


Fig. 16: Gráfica de control

Control estadístico de procesos usando Labview

El software de programación LabVIEW contiene un paquete de herramientas para el desarrollo de aplicaciones de control estadístico de procesos (SPC toolkit). Esta paleta de herramientas consiste de una librería de VIs que implementan funciones claves de control estadístico de procesos tales como Gráficos de Control, Gráficos de Procesos y Gráficos Pareto [44].

Los VIs para los gráficos de control (Control Charts) incluyen VIs para calcular los límites de los gráficos de control (gráficos de atributos y de variables), VIs para dibujar gráficos de control y para aplicar reglas de corrida para controlar dichos gráficos [44].

Los VIs para los gráficos de proceso (Process Graphs) incluyen VIs para estimar distribución y capacidad de proceso, para calcular y graficar histogramas, y funciones para graficar y ajustar funciones normales de probabilidad a histogramas [44].

Los VIs para los gráficos Pareto (Pareto Charts) incluyen VIs para contar y separar causas asignadas y para crear gráficos de Pareto. De entre todos estos gráficos disponibles existen algunos que son más adecuados para monitorear procesos que involucran variables numéricas tales como peso, dimensión, temperatura, etc [44].

2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El sistema de detección de patrones irregulares en señales encefalográficas para los internos del Hogar de Ancianos Sagrado Corazón de Jesús, permitirá determinar el diagnóstico en etapas iniciales de la enfermedad de Parkinson en nuevos pacientes y así mejorar su calidad de vida en su entorno habitual, a fin de poder facilitar su vida cotidiana.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizará bajo los conceptos de investigación aplicada, utilizando los conocimientos adquiridos para la solución de un problema, mediante los siguientes tipos de investigación:

La investigación bibliográfica documentada, para la adquisición de información sobre bases teóricas que facilitará el diseño del sistema. La explicación científica de las bases del proyecto se tomaron de libros, artículos técnicos papers y proyectos desarrollados ya en otros países y en el Ecuador donde se presentan: Sistemas de adquisición de datos electroencefalográficos, Análisis de señales encefalográficas, Estudios de síntomas, diagnósticos y tratamientos de Parkinson.

La investigación de campo, realizando un estudio sistemático de los hechos en el lugar en que se producen los acontecimientos. La recolección de información y adquisición de datos se tomarán directamente en el Acilo de Ancianos Sagrado Corazón de Jesús.

La investigación experimental y realización de pruebas para el diseño de los elementos de control del prototipo realizado para el Sistema de Detección de Patrones Irregulares en las Señales Encefalográficas para el diagnóstico temprano la Enfermedad de Parkinson.

3.2 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información del análisis para la adquisición y dimensionamiento de equipos y materiales necesarios para el Sistema de Detección de Patrones Irregulares en las Señales Encefalográficas para el diagnóstico temprano la Enfermedad de Parkinson se obtendrá del estudio realizado en el Hogar de Ancianos Sagrado Corazón de Jesús y la investigación bibliográfica de bibliotecas afines a la documentación teórica requerida.

La recolección de información se iniciará de forma previa a la presentación y reconocimiento del proyecto de investigación utilizando como recursos: tablas comparativas, entrevistas, estadísticas del análisis de señales, fichas observación, fichas mnemotécnicas.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Por las características de la presente investigación se determinó que no se requería de un estudio de población y muestra.

3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El procesamiento y análisis de datos se realizará mediante una clasificación de la documentación obtenida, presentando una descripción ordenada de los entornos a estudiarse en el proyecto. Se realizará un análisis crítico de los datos obtenidos durante la recolección de información, considerando los siguientes lineamientos:

- Revisión de la información obtenida
- Análisis de la información para obtener conceptos importantes referentes al tema.
- Eliminar información de baja relevancia.
- Obtener parámetros técnicos, específicos y concretos que determinen las características del sistema a ser diseñado.
- Interpretación de resultados con el apoyo de fundamentos teóricos para cada aspecto del desarrollo del proyecto.
- Interpretar la información que permite plantear estrategias de solución al problema

3.5 DESARROLLO DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto consta de los siguientes pasos:

- Análisis de la presencia de síntomas de la enfermedad de Parkinson.
- Determinación de las características de las etapas de adquisición de señales EEG.
- Relacionar las etapas de desarrollo de la Enfermedad de Parkinson y su afectación a la generación de las señales EEG.
- Análisis de la información existente para el filtrado y separación de los tipos de señales encefalográficas.
- Adquisición de señales encefalográficas de pacientes que padecen la enfermedad de Parkinson y de personas de características físicas similares.
- Procesamiento de las ondas cerebrales para identificar patrones enfocados en un pensamiento.
- Diseño y simulación del circuito de adquisición de señales EEG.
- Selección del software para el procesamiento de las señales EEG.
- Investigación de las características de los dispositivos a utilizar para el diseño del prototipo.
- Selección de tecnologías de procesamiento y sensorización para señales encefalográficas.
- Construcción del prototipo.
- Realización de pruebas de funcionamiento del prototipo mediante las ondas cerebrales.
- Corrección de errores y validación del prototipo.
- Elaboración de informe final

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

La enfermedad de Parkinson es un trastorno neurodegenerativo que afecta al sistema nervioso produciéndose unos mecanismos de daño y posterior degeneración de las neuronas ubicadas en la sustancia negra que son algunas neuronas encargadas de producir un pigmento llamado melanina y se le confiere una coloración oscura.

A nivel nacional, en Ecuador la CONADIS y el Ministerio de Salud Pública (MSP) han entregado estadísticas que han registrado 229 casos hospitalarios de personas con el mal de Parkinson, el 68.12% son hombres y el 31.88% son mujeres; en un reportaje se informa que oscilan entre 800 a 1200 personas que se encuentran en tratamiento en diferentes centros geriátricos. En la provincia de Tungurahua, ciudad Ambato se encuentra el Hogar para Ancianos Sagrado Corazón de Jesús que cuenta con 75 pacientes de la tercera edad; donde el porcentaje de sus pacientes con la enfermedad de Parkinson es del 26.6%; es decir, son 20 personas con el mal de Parkinson. Todas ellas requieren de una atención más personalizada, porque tienen diferentes tratamientos, en algunos casos los dolores constantes en los músculos son demasiado fuertes por lo que se administra medicación tanto oral como muscular; mientras que en otros casos el temblor en sus piernas o brazos requieren un tratamiento más específico como fisioterapias y medicamentos controlados por las enfermeras; el establecimiento cuenta con un espacio adecuado para el cuidado de cada paciente, además cuenta con médicos y enfermeras que trabajan 24 horas para la atención de los pacientes.

En la presente investigación se habla de un sistema de telemedicina; el cual se centra en un sistema basado en las señales electroencefalográficas para la obtención de un patrón específico, el cual permitirá obtener un diagnóstico temprano de la enfermedad de Parkinson. Todo esto se realizará mediante adquisición de las señales las cuales serán obtenidas a través de un casco con 14 sensores en el mismo, luego se realizará el acondicionamiento de las señales el que se realizará mediante filtros pasa bajo.

El procesamiento de las señales serán efectuadas mediante el casco mindwave; para de forma posterior realizar la transmisión, recepción, Transformada Directa de Fourier y la comparación; en esta última se realiza el análisis de las señales y se obtiene el patrón mediante la utilización de LabView.

La presente investigación está dirigida de forma principal al área de biomedicina, así como a la sociedad ya que permite ayudar a las personas de la tercera edad que sufren la enfermedad de Parkinson a tener una mejor calidad de vida.

4.1 DATOS INFORMATIVOS

4.1.1 Tema de la Propuesta

“SISTEMA DE DETECCIÓN DE PATRONES IRREGULARES EN LAS SEÑALES ENCEFALOGRÁFICAS PARA EL DIAGNÓSTICO TEMPRANO DE LA ENFERMEDAD DE PARKINSON”

4.2 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

El estudio de factibilidad permitió conseguir un análisis general de la investigación, para la recaudación de información más relevante; procedente a esto se realizó el estudio, desarrollo e investigación del proyecto.

Este estudio fue realizado mediante varios análisis, establecidos para la implementación del prototipo, que son:

- Análisis Técnico
- Análisis Económica
- Análisis Bibliográfica

4.2.1 Factibilidad Técnica

Técnicamente es favorable la elaboración de este proyecto de investigación, ya que se cuenta con las herramientas tecnológicas existentes en el mercado para el desarrollo del mismo, además se posee los conocimientos necesarios para diseñar e implementar el prototipo.

4.2.2 Factibilidad Económica

El proyecto de investigación para el Hogar de Ancianos Sagrado Corazón de Jesús Hermanas Doroteas es factible económicamente ya que el costo total de la elaboración del proyecto es accesible, el investigador cubre con el valor total de los gastos de implementación de hardware y software para un adulto mayor, que incluyen mano de obra y componentes electrónicos.

A continuación, se detalla en el siguiente diagrama de bloques del proyecto de investigación:

4.2.3 Factibilidad Bibliográfica

La presente investigación tiene factibilidad bibliográfica debido a que la información requerida se encuentra en libros, documentos científicos, tesis, revistas y documentos web.

4.3 Selección del dispositivo de adquisición de señales encefalográficas

Los equipos médicos ayudan a los doctores a generar un diagnóstico de cualquier tipo de enfermedad; para esto el diseño de los equipos debe estar compuestos de elementos

electrónicos de alta calidad y precisión; además, deben poder trabajar en un ambiente hostil para que su entorno no influya en los resultados que se generen al momento de ser utilizados.

Para la adquisición de las señales electroencefalograficas captada por los electrodos, es necesario pensar en la etapa de sensado; que se encarga de recolectar los datos con el sensor ubicado en la parte frontal de la cabeza (frente) del usuario, este es el primer paso para obtener las señales EEG. Para la adquisición de las actividades cerebrales se requiere un electroencefalograma (EEG). En el mercado existen varios dispositivos como Muse que cuenta con 2 canales, trabaja a una frecuencia de muestreo de 220Hz y su precio es de 30, 00 dólares americanos; Mindwave es un sistema de EEG que tiene 1 canal, la frecuencia a la que trabaja es de 512 Hz y su precio es de 99,99 dólares americanos; Emotivepoc tiene 10 canales de adquisición de datos, trabaja a una frecuencia de 256 Hz y su precio oscila entre 799, 00 dólares americanos; B-Alert X24 tiene 20 canales, frecuencia de 256 Hz y un precio entre 850,00 a 950,00 dólares americanos; y por último Enobio 20 que cuenta con 20 canales, frecuencia de 500 Hz y un precio de 1100,00 a 2000,00 dólares americanos.

Para determinar qué sistema EEG es mejor para la realización del siguiente proyecto se realizará un estudio de comparación para determinar el mejor sistema de EEG, para esto se detallan las características en la tabla 11.

Tabla 11: Análisis comparativo entre Sistemas EEG [45]

Características	Sistemas EEG				
	Muse	Mindwave	B-Alert X24	Emotivepoc	Enobio 20
Compañía	Interaxon	NeuroSky	Advanced Brain monitoring	Emotiv	Neuroelectrics
Canales	2	1	20	10	20
Frecuencia de muestreo	220Hz	512Hz	256HZ	256HZ	500HZ
Electrodos mojados o secos	Mojados	Mojados	Secos	Mojados	Secos
Control de calidad de señal	Si	Si	Si	Si	Si
Control de impedancia	n/a	n/a	Si	n/a	Si
Tiempo de configuración en minutos	5	3	20-25	15	20-25
Precio	\$ 30,00	\$99,99	\$850,00	\$ 799,00	\$1100,00

Una vez realizado el análisis comparativo se seleccionó la diadema Mindwave de NeuroSky ya que ofrece las tecnologías de sensor de ondas cerebrales más económicas combinadas con los conjuntos de herramientas más accesibles y abiertos que serán útiles a la hora de implementar el prototipo; así como su tiempo de configuración no es muy amplio por lo que se puede realizar pruebas y calibraciones en menor tiempo

en comparación con los otros dispositivos ; además su costo es accesible al usuario o empresa que requiera un sistema de EEG.

También la combinación de todas las características de Mindwave permite a los desarrolladores e investigadores crear proyectos maravillosamente creativos, que pueden ser el punto de partida para lanzar aplicaciones que en un futuro sean de mucha utilidad tanto para los pacientes como para los médicos y su familia.

4.4 Selección del Software

Hay diferentes tipos de software que se pueden utilizar para el análisis de las señales electroencefalográficas obtenidas por los equipos especiales para este tipo de señales; para lo cual la selección del software debe ser evaluado diferentes aspectos como la capacidad de evaluación de los datos, la rapidez con que los procesa, forma de programación, almacenamiento de datos, entre otros..

En el mercado existen varios tipos de software como Matlab (MATrix LABoratory “laboratorio de matrices”) que es un sistema de cómputo numérico que ofrece un entorno de desarrollo integrado con un lenguaje de programación propio (lenguaje M), está disponible para las plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux; LabView que es un entorno de desarrollo integrado y diseñado específicamente para ingenieros y científicos. Nativo de LabVIEW es un lenguaje de programación gráfica (G) que utiliza un modelo de flujo de datos en lugar de líneas secuenciales de código de texto, lo que le permite escribir código funcional utilizando un diseño visual que se asemeja a su proceso de pensamiento; y también se tiene Scilab que es un software para análisis numérico, con un lenguaje de programación de alto nivel para cálculo científico. Es desarrollado por Scilab Enterprises, bajo la licencia CeCILL, compatible con la GNU General Public License.

Para determinar qué software es mejor para la realización del siguiente proyecto se realizará un estudio de comparación para determinarlo, detallando las características en la tabla 12.

Una vez realizado el análisis comparativo se determinó que el software apto para la realización del presente proyecto es LabView ya que ofrece un enfoque de programación gráfica que ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración. Esta visualización hace que sea más fácil integrar hardware de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas.

Tabla 12: Análisis comparativo de Software [46, 47, 48]

Características	Software		
	Matlab	Labview	Scilab
Sintaxis	Se desarrolla en un lenguaje de programación propio. Este lenguaje es interpretado, y puede ejecutarse tanto en el entorno interactivo, como a través de un archivo de script.	Valido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer programas relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales.	Posee su propio lenguaje de programación, orientado al uso de matrices y vectores. Es un lenguaje interpretado.
Tipos de análisis	Manipulación de matrices, representación de datos y funciones, implementación de algoritmos, creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware.	Herramientas gráficas y textuales para el procesamiento digital de señales, visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos, adquisición y tratamiento de imágenes, control de movimiento tiempo Real, Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones	Scilab permite la operación de matrices, Scilab tiene funciones diseñadas especialmente para el tratamiento de polinomios y cálculo simbólico además Scilab soporta creación de interfaces gráficas de usuario.
Plataformas	Matlab está disponible para sistemas operativos como Windows, Mac y Linux.	LabView está disponible para sistemas operativos como Windows, UNIX, MAC y GNU/Linux	Scilab está disponible para sistemas operativos como Microsoft Windows y GNU/Linux, tanto plataformas de 32 como de 64 bits, y Mac OS X.
Tipo de software	MATLAB es un software comercial muy poderoso con muchas cajas de herramientas y una excelente interfaz gráfica de usuario (GUI).	LabVIEW es una plataforma abierta que permite integrar software de terceros como Scilab. Permite invocar fácilmente scripts desde Scilab desde su programación gráfica de LabVIEW.	SCILAB es un software gratuito, de código abierto, desarrollado por científicos de todo el mundo como una alternativa a MATLAB.

Mejor para	Plataforma de programación, modelado y simulación basada en la nube y en las instalaciones que permite a los usuarios analizar datos, crear algoritmos, crear modelos y ejecutar modelos implementados.	No proporcionado por el vendedor	Plataforma de programación a nivel superior permite todo tipo de análisis que se desee efectuar.
Plataformas	Cloud, Windows, Mac	Windows, Mac	Cloud, Windows (varias versiones), Mac
Formación	Comprobar la línea en vivo Consultar webinars Consultar documentación	En persona	En persona Comprobar en vivo en línea Consultar webinars Consultar documentación

Además es un entorno de desarrollo diseñado específicamente para acelerar la productividad de ingenieros y científicos. Con una sintaxis de programación gráfica que facilita visualizar, crear y codificar sistemas de ingeniería, LabVIEW ayuda a reducir tiempos de pruebas, ofrecer análisis de negocio basado en datos recolectados y convertir las ideas en realidad. LabVIEW está diseñado para incorporarse con otro software, ya sea métodos alternativos de desarrollo o plataformas de fuente abierta, para garantizar que se puede usar todas las herramientas a su disposición. Con un programa de servicio de software incluido que brinda soporte por teléfono y correo electrónico por parte de ingenieros certificados, actualizaciones a las últimas versiones y acceso 24/7 a formación y capacitación en línea.

4.5 Desarrollo de la propuesta

El presente proyecto ha sido desarrollado principalmente para personas que se encuentren desde la edad de 50 años en adelante con Enfermedad de Parkinson o que se asuma que la tengan.

Todo esto se realiza mediante un dispositivo de lectura de ondas cerebrales que es el casco Mindwave, a través de bluetooth envía las señales al Software de Labview que recepta y las almacena para ser comparadas y luego generar el patrón que identifique la Enfermedad de Parkinson en su etapa inicial; tal como se muestra en la figura 17.



Fig. 17: Esquema del diseño general del sistema de detección de señales EEG

Elaborado por: Investigadora

4.5.1 Diseño General

El diseño general del Sistema de detección de patrones irregulares en las señales Encefalográficas para el diagnóstico temprano de la enfermedad de Parkinson en etapas iniciales es el mostrado en la figura 18.

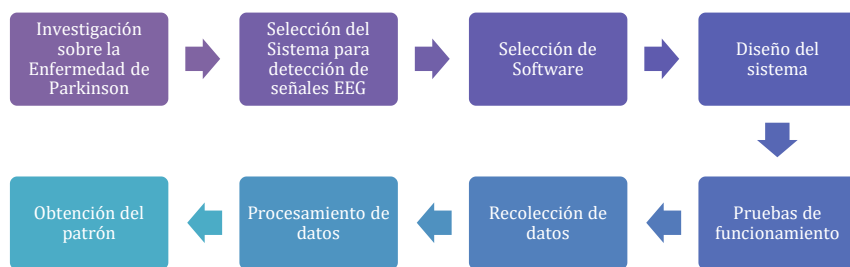


Fig. 18: Fases de desarrollo

Elaborado por: Investigadora

4.5.2 Diagramas de Jerarquización de Procesos

El Sistema de detección de patrones irregulares en las señales Encefalográficas para el diagnóstico temprano de la enfermedad de Parkinson en etapas iniciales cumple subprocesos, que permiten manejar de forma ordenada los datos y además ayuda a detectar posibles inconvenientes que se genere en el sistema durante el proceso.

a. Adquisición de la señal

Las señales que se generan en nuestro cerebro son de muy bajo nivel, por lo que se necesitan elementos especializados como biosensores para captar las señales, sin embargo una vez adquirida la señal esta debe ser amplificada y tratada para eliminar cualquier tipo de señales no deseadas.



Fig. 19: Diagrama de Bloques de adquisición de señales

Elaborado por: Investigadora

La figura 19 muestra el diagrama de bloques de adquisición de señales, detallando todos los subprocesos que conlleva la adquisición y tratado de la señal, destacando la amplificación de las señales que se genera en el casco para el envío de una señal aceptable hacia el software.

b. Procesamiento y almacenamiento

Todas aquellas señales enviadas del casco son procesadas mediante el software de Labview y almacenadas con el nombre del paciente mediante un cuadro de texto.



Fig. 20: Diagrama de bloque de Procesamiento y almacenamiento de datos

Elaborado por: Investigadora

En la figura 20 se muestra el diagrama de bloque del procesamiento de las señales, se realiza mediante la obtención de las señales del casco y se las procesa obteniendo ondas cerebrales Alpha, Beta, Gamma, Delta y Theta. Además el almacenamiento se realiza con el nombre del paciente la edad y se guarda en un documento de texto para posteriormente ser analizadas.

c. Patrón

Las señales almacenadas son comparadas entre sí y también con una señal original de una persona con EP.



Fig. 21: Diagrama de bloques del patrón obtenido

Elaborado por: Investigadora

En la figura 21 se indica el diagrama de bloques de la obtención del patrón; se recauda las señales almacenadas de todos los pacientes a quien se realizó las pruebas; después de esto se compara todas estas señales con una señal original de una persona que sufre la enfermedad de Parkinson y al comparar estas señales de determina las frecuencias en las que varían y también en el tiempo para de esta forma obtener un patrón que permita determinar la enfermedad de Parkinson en sus etapas iniciales.

4.6 Estación de monitoreo

La estación de monitoreo permite obtener los datos del dispositivo de campo en este caso con la diadema neurosky, de tal manera que dicha información es procesada para visualizar las señales.

Para el presente proyecto de investigación, la estación de monitoreo contara con un software realizado en labview, que tomara los datos provenientes del sensor de la parte frontal del cerebro, y nos visualizara en una venta como se indica en la figura 22.



Fig. 22: Panel principal

Elaborado por: Investigadora

Este panel recibe la información de:

- Nombre del Paciente
- Directorio de trabajo
- Puerto serie
- Botón Iniciar
- Botón Detener
- Calidad de la señal
- Señales EEG recibidas
- Señales Alpha
- Señales Beta
- Señales Delta y Tetha
- Señales Gamma
- Señales de actividad cerebral

4.6.1 Sistema de adquisición de señales EEG (Señales EEG recibidas)

En este punto se cuenta con puertos de adquisición de datos y para la visualización de las variables, en este caso sería la diadema neurosky, como se muestra en la figura 23, también consta de nivelador que indica la calidad de señal de la diadema con la parte frontal del cerebro.

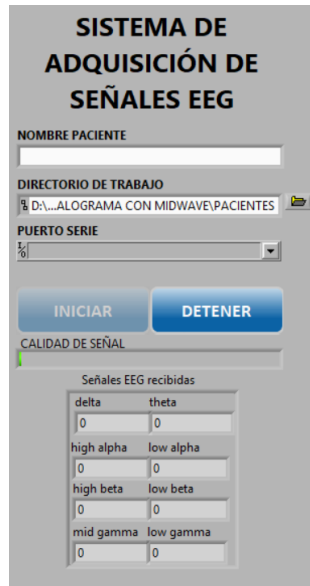


Fig. 23: Panel de señales EEG recibidas

Elaborado por: Investigadora

4.6.2 Inicialización de la Diadema NeuroSky

La inicialización de la diadema NeuroSky está formado por las librerías y se muestra en la figura 24:

- **ThinkGear clean Connection:** La librería ThinkGear Connection (TGC) es necesario para que las aplicaciones puedan conectarse a los auriculares. El TGC es obligatorio porque algunas plataformas de software no permiten el acceso directo a los puertos COM de la computadora. TGC se conecta específicamente al puerto COM permitiendo la conectividad de las aplicaciones.
- **ThinkGear Create Task:** La librería ThinkGear Create Task es la encargada de borrar todas las conexiones abiertas del puerto COM y crear una nueva conexión para la diadema ThinkGear, inicializando el puerto de conexión.
- **ThinkGear Start Task:** La librería ThinkGear Start Task, es la encargada de inicializar la tarea ThinkGear, esto podría tomar unos 10 segundos para establecer la comunicación con la diadema. Usando este VI permite que la primera llamada ThinkGear Read regrese los valores sin el retraso de la inicialización.

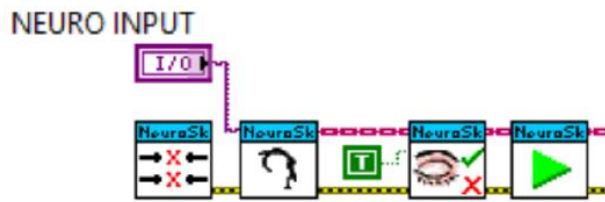


Fig. 24: Inicialización de la Diadema NeuroSky

Elaborado por: Investigadora

4.6.3 Señales de actividad cerebral

Después de acceder al submenú adecuado para activar la variable correspondiente se procede a la lectura de la actividad cerebral, donde consta de un indicador de calidad de señal que se tiene entre el casco y la frente de los pacientes tal como se muestra en la figura 25.

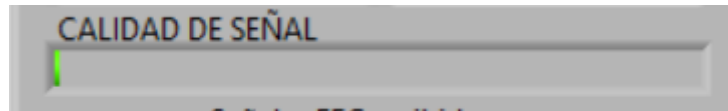


Fig. 25: Indicador de calidad de señal

Elaborado por: Investigadora

La conexión entre el casco y Labview se da mediante el ícono de puerto serie y el ícono de conectividad de NeuroSky tal como se muestra en la figura 26.

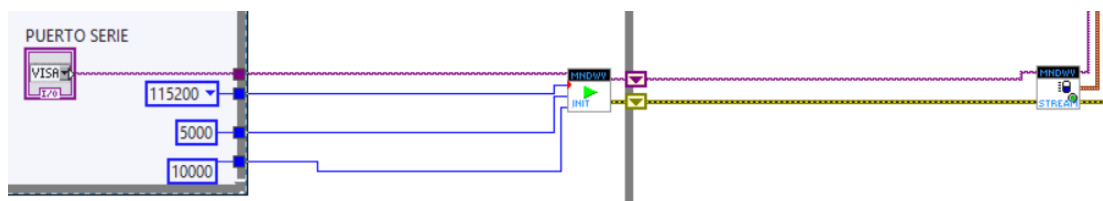


Fig. 26: Conexión entre el Labview y Mindwave

Elaborado por: Investigadora

La librería del VI ThinkGear Cont Read Raw EEG es la etapa encargada de leer los niveles de concentración y relajación de la actividad cerebral, además en esta etapa se acondiciona los valores que se recibieron para que cumplan una tarea específica tal como se muestra en las figuras 27 y 28.

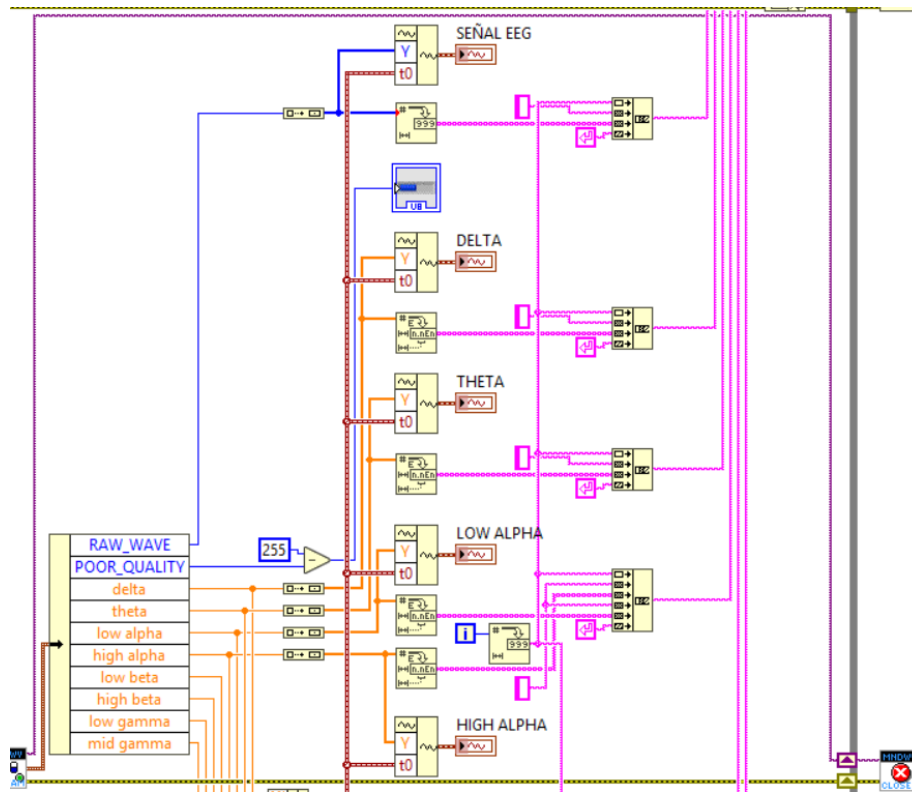


Fig. 27: Etapa encargada de leer las señales EEG (1)

Elaborado por: Investigadora

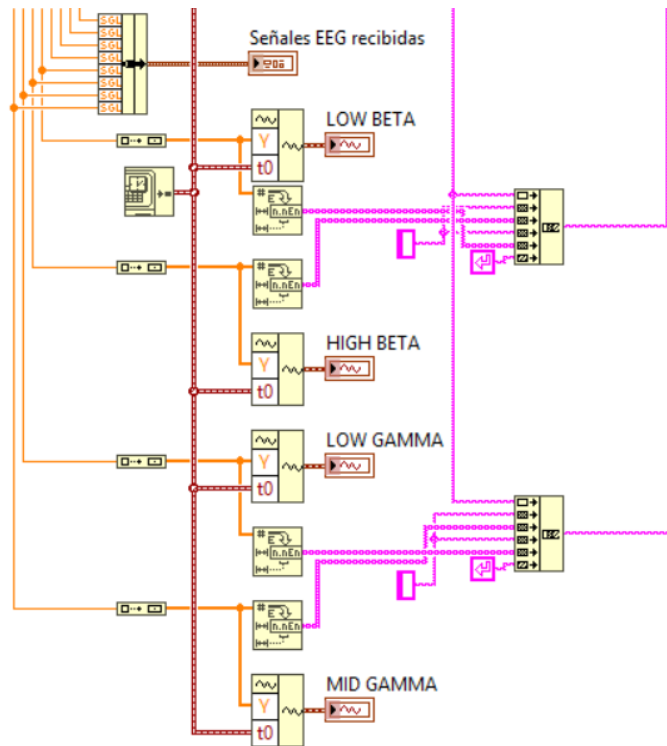


Fig. 28: Etapa encargada de leer las señales EEG (2)

Elaborado por: Investigadora

En la figura 29 el bucle de adquisición y almacenamiento se obtiene las señales EEG adquiridas a través del vínculo con el casco Mindwave y las almacena en los archivos de texto dentro del directorio con el nombre del paciente.

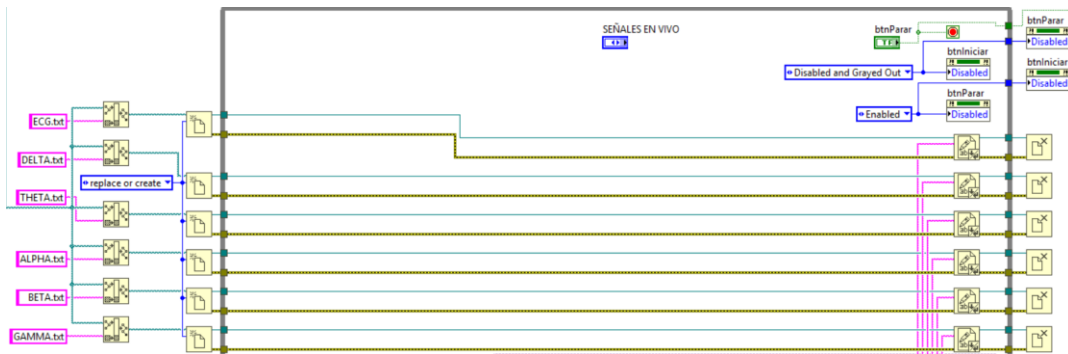


Fig. 29: Bucle de adquisición y almacenamiento

Elaborado por: Investigadora

En el bucle de procesamiento se extrae las señales de los archivos de texto que contienen las señales EEG; se las muestra y se procesan para obtener el patrón buscado tal como se muestra en la figura 30.

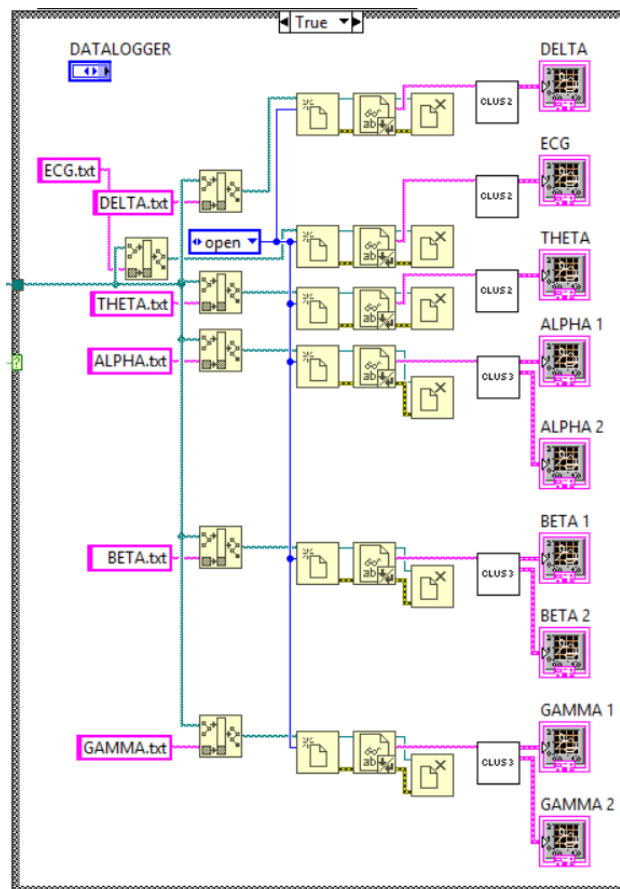


Fig. 30: Bucle de procesamiento

Elaborado por: Investigadora

4.6 Resultados

Toma de muestras

El sistema portable de monitoreo continuo permite analizar las señales encefalográficas y ver cada tipo de onda cerebral en cualquier momento del día; además permite llevar un control de la actividad cerebral de cada paciente.

Se realizaron muestras a diferentes pacientes donde se obtuvo imágenes de cada onda cerebral.

En las figura 31, 32, 33, 34 y 35 se observan las señales EEG de la primera paciente, este examen permitió obtener las ondas cerebrales alpha, beta, delta, tetha y gamma; con estas se realizó la muestra del patrón a ser evaluado ya que mediante el diagnóstico entregado por parte del Hogar de Ancianos Sagrado Corazón de Jesús de las Madres Doroteas determinó que la paciente sufre de la enfermedad de Parkinson desde hace 10 años.

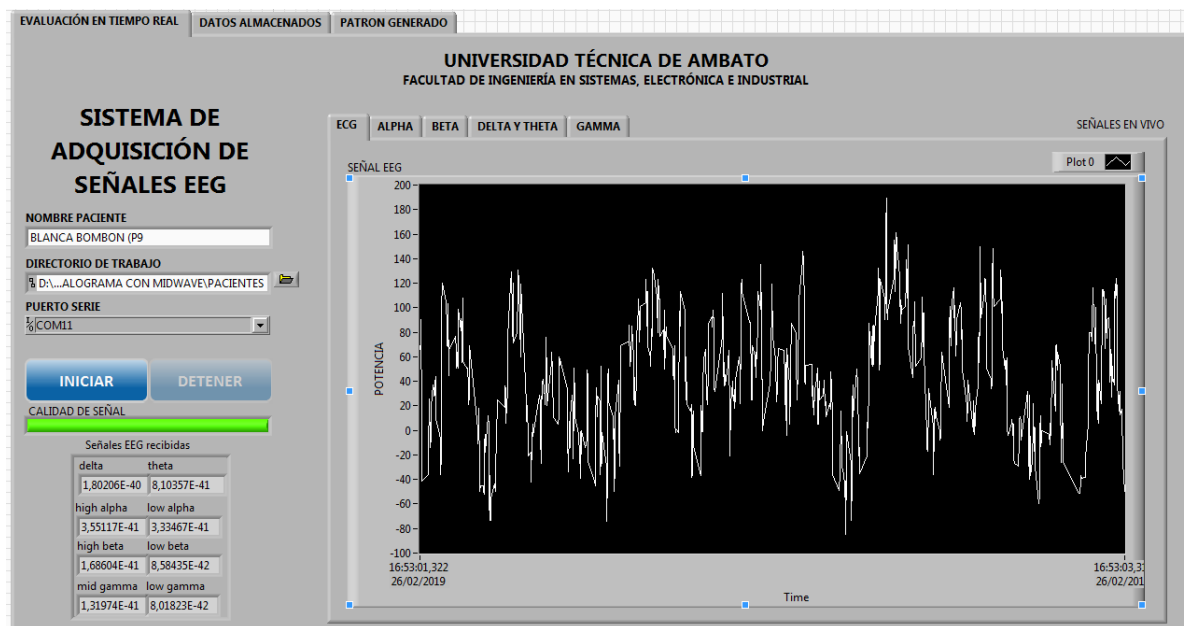


Fig. 31: Examen 1: Paciente 1– Señales EEG

Elaborado por: Investigadora

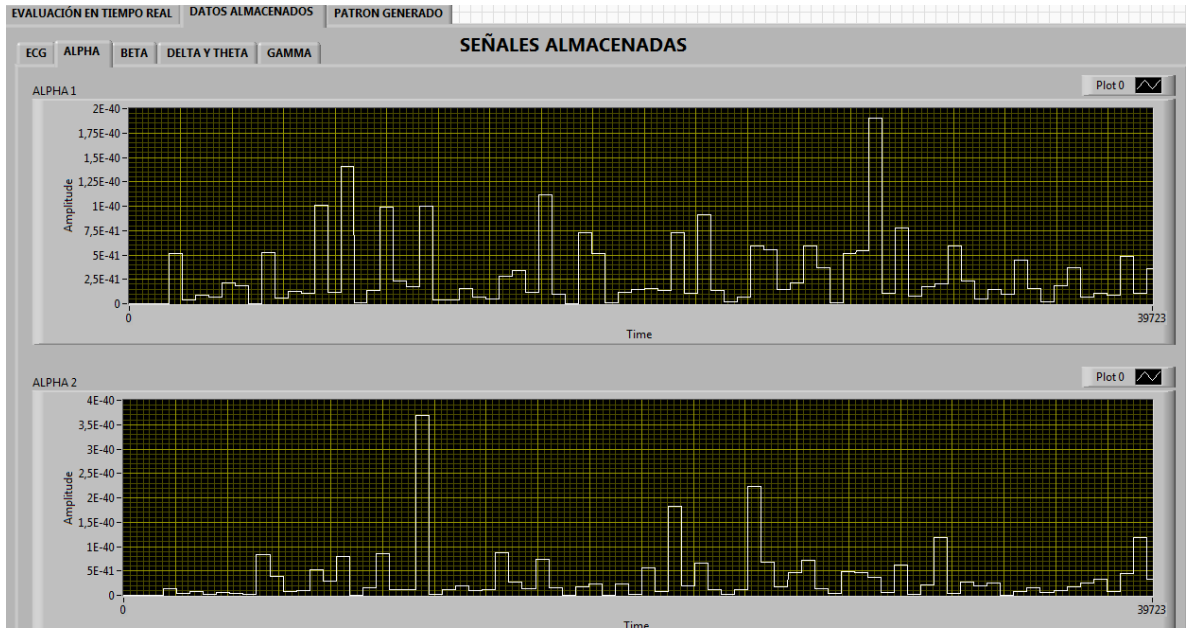


Fig. 32: Examen 1: Paciente 1 – Señales ALPHA

Elaborado por: Investigadora

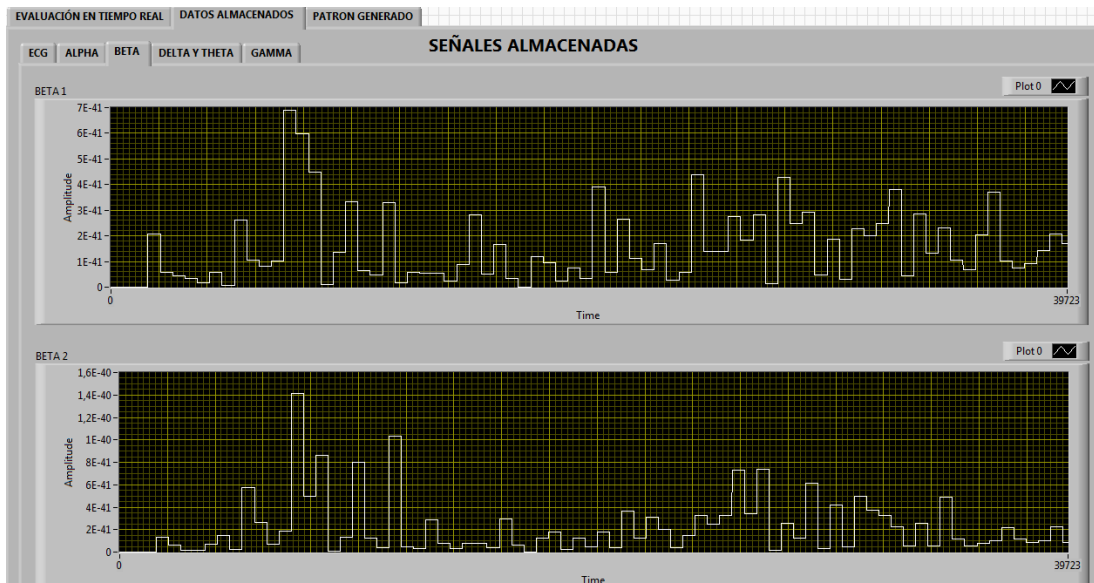


Fig. 33: Examen 1: Paciente 1 – Señales BETA

Elaborado por: Investigadora

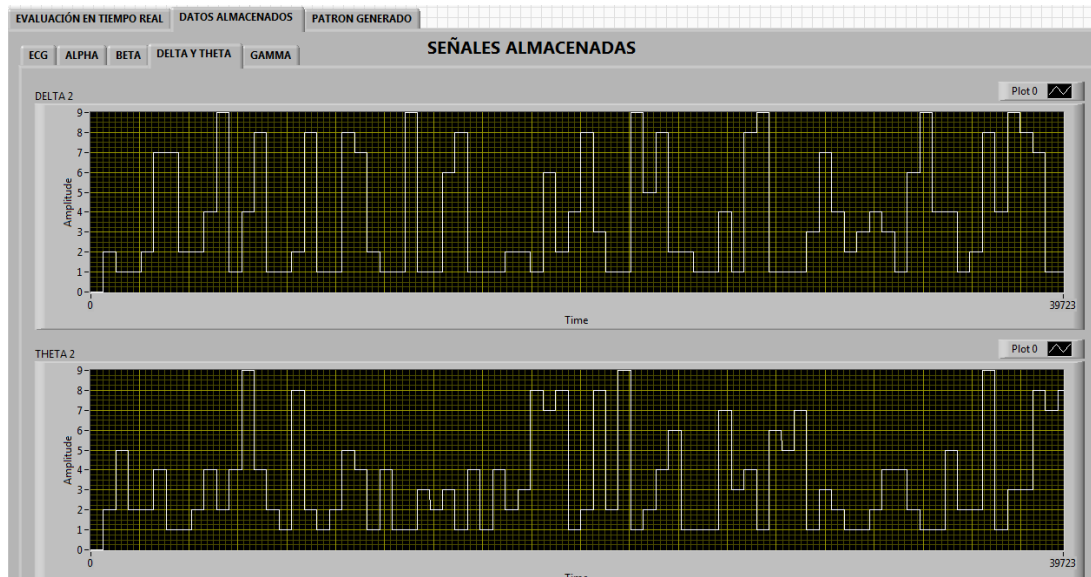


Fig. 34: Examen 1: Paciente 1 – Señales DELTA Y THETA

Elaborado por: Investigadora

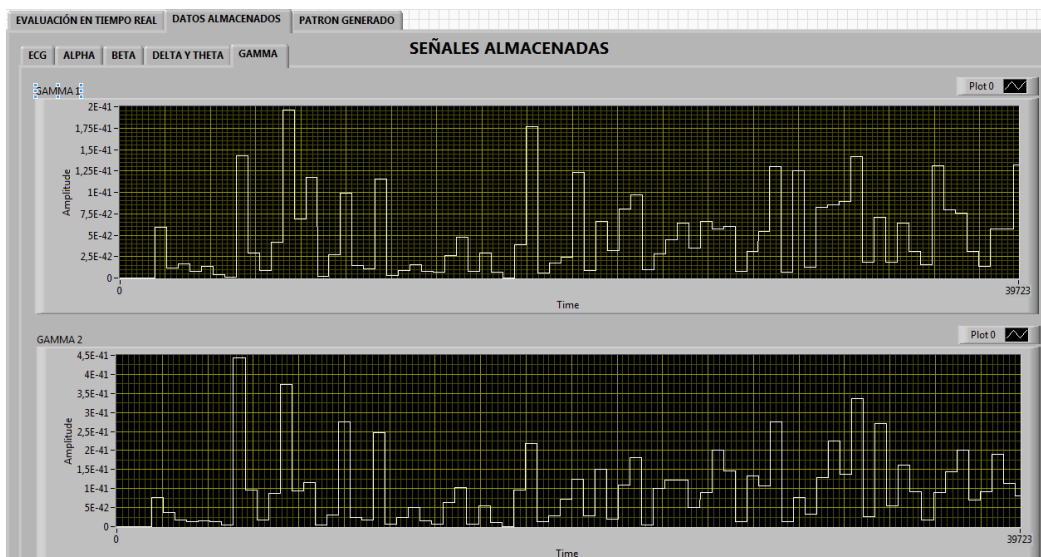


Fig. 35: Examen 1: Paciente 1 – Señales GAMMA

Elaborado por: Investigadora

En las figura 36, 37, 38 y 39 se observan las señales EEG de la segunda paciente, este examen permitió obtener las ondas cerebrales alpha, beta, delta, tetha y gamma; con las que se realizó la comparación entre la muestra de la primera paciente y la presente, obteniendo así un resultado favorable.

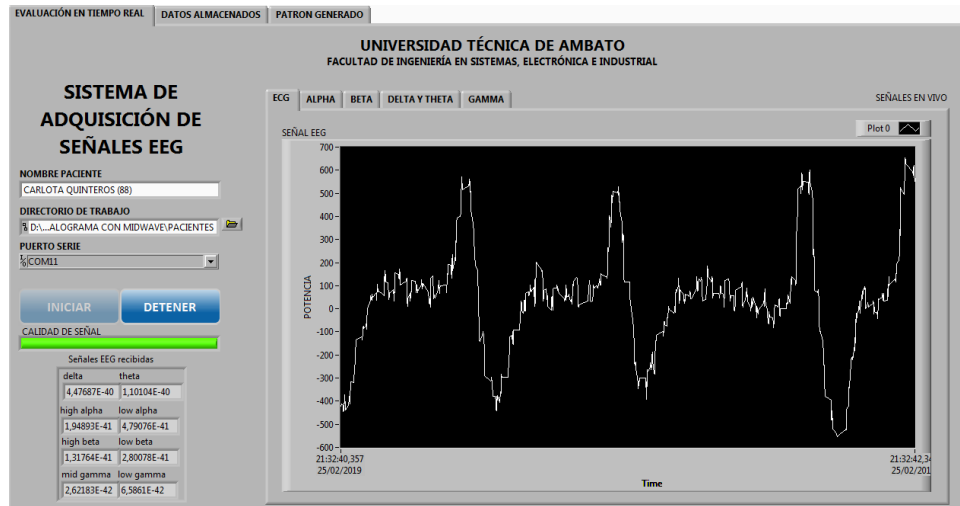


Fig. 36: Examen 2: Paciente 2 – Señales EEG

Elaborado por: Investigadora

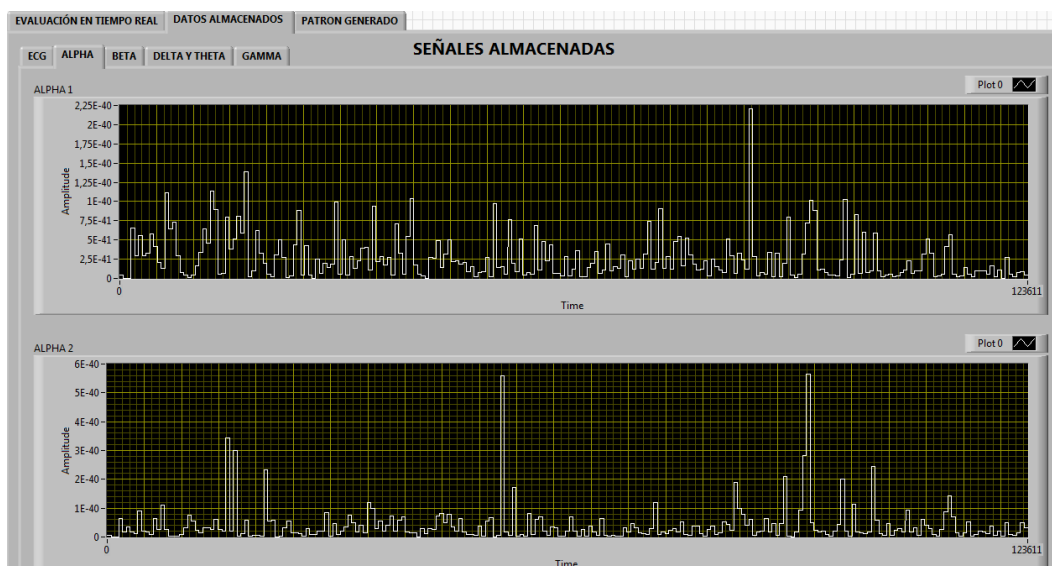


Fig. 37: Examen 2: Paciente 2 – Señales ALPHA

Elaborado por: Investigadora

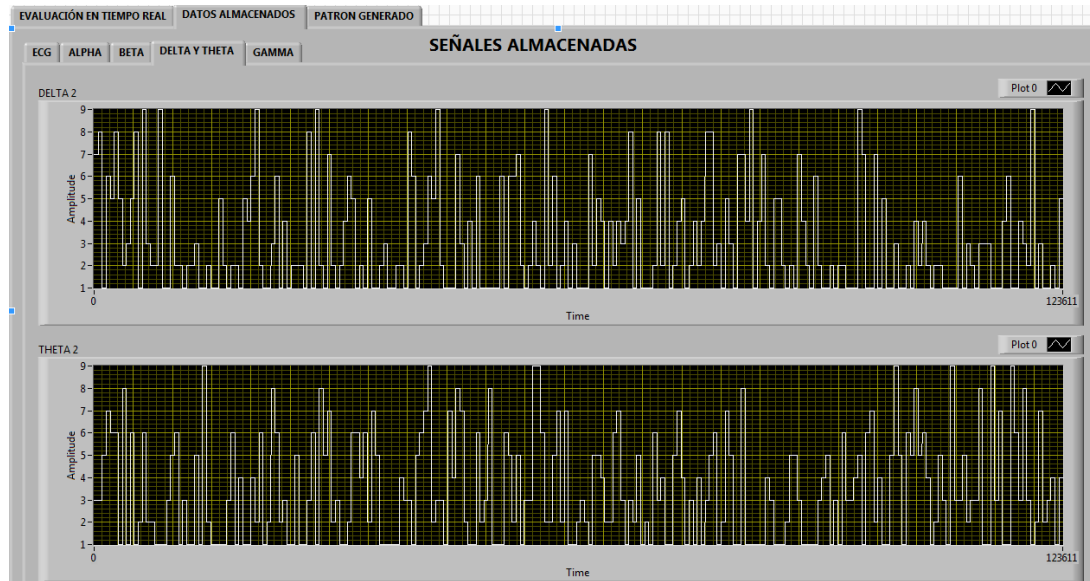


Fig. 38: Examen 2: Paciente 2 – Señales DELTA Y THETA

Elaborado por: Investigadora

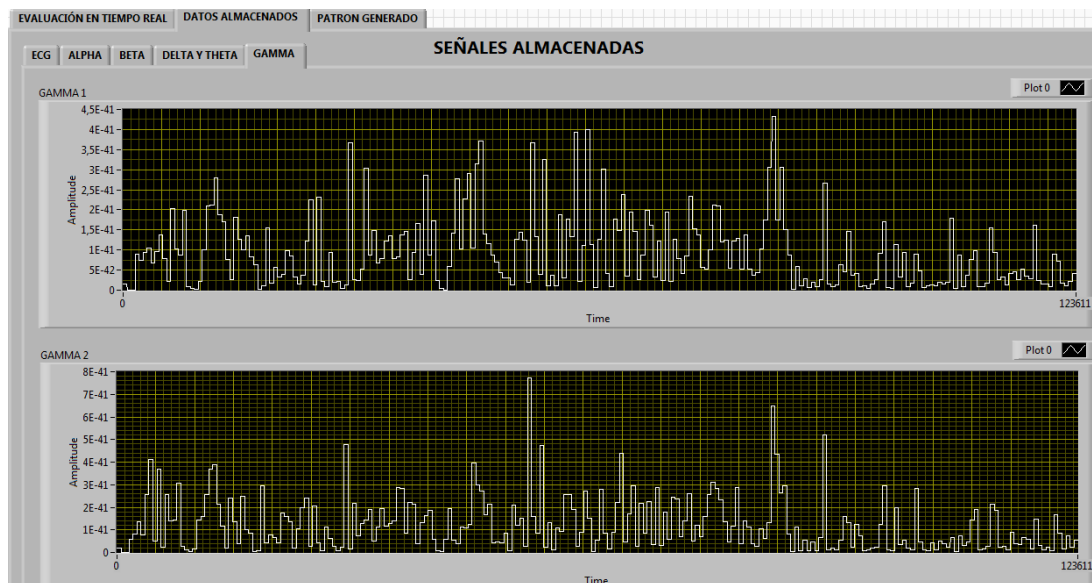


Fig. 39: Examen 2: Paciente 2 – Señales GAMMA

Elaborado por: Investigadora

4.7 Análisis de Resultados

El diseño del sistema permitirá que los centros de salud, así como los pacientes del Hogar de Ancianos Sagrado Corazón de Jesús puedan realizarse un examen de señales EEG de manera continua, o a su vez el monitoreo lo podrá realizar el médico tratante o los familiares cuando lo crean conveniente, ya que el casco al momento de ser activado se comunica de forma inmediata con el software y envía las señales para que puedan ser visualizadas.

Comparación de resultados

Para la realización de la comparación de los resultados se tiene un universo de 75 personas divididas en 20 personas con Parkinson y 55 personas sanas.

Dentro de esta comparación de los registros EEG se realizaron varias muestras pero se tomó en consideración el valor del electroencefalograma de una persona con Parkinson, que muestra que una persona con Parkinson tiene una referencia de 2.58 uV; que se toma como valor original para realizar la comparación.

Para calcular el porcentaje de error y error promedio en cada medición se utilizaron las ecuaciones 7 y 8. [49]

$$\%ERROR = \frac{|valor\ exacto - valor\ medido|}{|valor\ exacto|} \times 100 \quad (7)$$

$$\%Promedio\ de\ Error = \frac{\sum_{i=1}^n mediciones}{n} \quad (8)$$

Análisis comparativo

En la tabla 13 se observa el porcentaje promedio de error que es de 36,45%, lo que le da una efectividad del 63,55% al prototipo de adquisición de señales encefalográficas.

Tabla 13: Cálculo del porcentaje de error promedio para la comparación en la medición de amplitud de las ondas electroencefalográficas.

Pacientes	Electroencefalograma de persona con Parkinson (uV)	Electroencefalograma de paciente (uV)	Diferencia del valor de error
Paciente 1	2.58	2.55	0,03
Paciente 2	2.58	1.01	1,57
Paciente 3	2.58	1.11	1,47
Paciente 4	2.58	1.9	0,68
Paciente 5	2.58	2.22	0,36
Paciente 6	2.58	2.53	0,05
Paciente 7	2.58	1.10	1,48
Paciente 8	2.58	1.1	1,48
Paciente 9	2.58	1.00	1,58
Paciente 10	2.58	1.05	1,53
Paciente 11	2.58	1.6	0,98
Paciente 12	2.58	1.25	1,33
Paciente 13	2.58	1.22	1,36
Paciente 14	2.58	2.55	0,03
Paciente 15	2.58	2.53	0,05
Paciente 16	2.58	1.29	1,29
Paciente 17	2.58	1.15	1,43
Paciente 18	2.58	1.10	1,48
Paciente 19	2.58	1.01	1,57
Paciente 20	2.58	1.01	1,57
Paciente 21	2.58	1.01	1,57

Paciente 22	2.58	2.50	0,08
Paciente 23	2.58	2.51	0,07
Paciente 24	2.58	2.50	0,08
Paciente 25	2.58	2.50	0,08
Paciente 26	2.58	2.53	0,05
Paciente 27	2.58	2.48	0,10
Paciente 28	2.58	1.56	1,02
Paciente 29	2.58	1.20	1,38
Paciente 30	2.58	1.14	1,44
Paciente 31	2.58	1.06	1,52
Paciente 32	2.58	1.18	1,40
Paciente 33	2.58	1.00	1,58
Paciente 34	2.58	1.09	1,49
Paciente 35	2.58	1.16	1,42
Paciente 36	2.58	1.81	0,77
Paciente 37	2.58	1.20	1,38
Paciente 38	2.58	1.80	0,78
Paciente 39	2.58	1.92	0,66
Paciente 40	2.58	2.56	0,02
Paciente 41	2.58	2.59	-0,01
Paciente 42	2.58	2.41	0,17
Paciente 43	2.58	1.08	1,50
Paciente 44	2.58	1.22	1,36
Paciente 45	2.58	1.56	1,02
Paciente 46	2.58	1.41	1,17
Paciente 47	2.58	2.56	0,02
Paciente 48	2.58	2.59	-0,01
Paciente 49	2.58	2.55	0,03
Paciente 50	2.58	2.56	0,02
Paciente 51	2.58	2.15	0,43
Paciente 52	2.58	1.56	1,02
Paciente 53	2.58	1.11	1,47
Paciente 54	2.58	1.9	0,68
Paciente 55	2.58	2.22	0,36
Paciente 56	2.58	1.10	1,48
Paciente 57	2.58	1.01	1,57
Paciente 58	2.58	1.01	1,57
Paciente 59	2.58	1.01	1,57
Paciente 60	2.58	1.23	1,35
Paciente 61	2.58	1.59	0,99
Paciente 62	2.58	1.85	0,73
Paciente 63	2.58	1.06	1,52
Paciente 64	2.58	2.56	0,02
Paciente 65	2.58	1.28	1,30
Paciente 66	2.58	2.55	0,03
Paciente 67	2.58	1.00	1,58
Paciente 68	2.58	1.09	1,49

Paciente 69	2.58	1.56	1,02
Paciente 70	2.58	1.23	1,35
Paciente 71	2.58	1.74	0,84
Paciente 72	2.58	1.22	1,36
Paciente 73	2.58	1.56	1,02
Paciente 74	2.58	1.41	1,17
Paciente 75	2.58	1.45	1,13
TOTAL	193,50		70,53
% DE ERROR	36,45%		

También se realiza un análisis comparativo entre las señales del paciente con Parkinson y de los pacientes sanos; obteniendo como resultado que el pico de la señal del paciente con Parkinson (señal color verde) es mayor que los pacientes sanos (señal color azul).

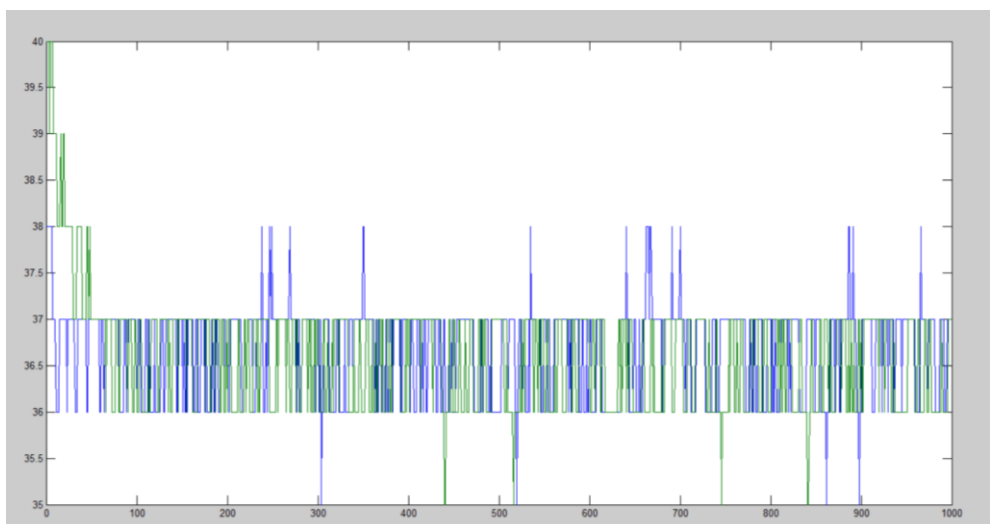


Fig. 40: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Cobo (sana)

Elaborado por: Investigadora

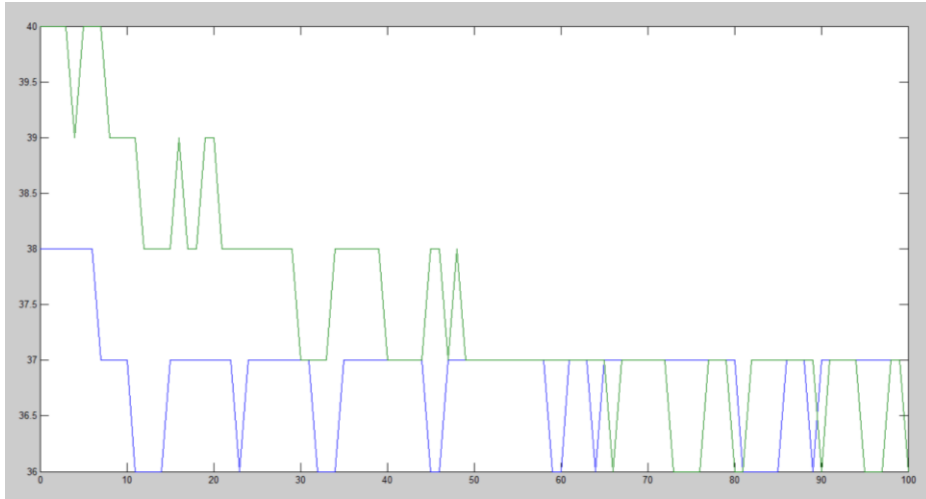


Fig. 41: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Cobo (sana)

Elaborado por: Investigadora

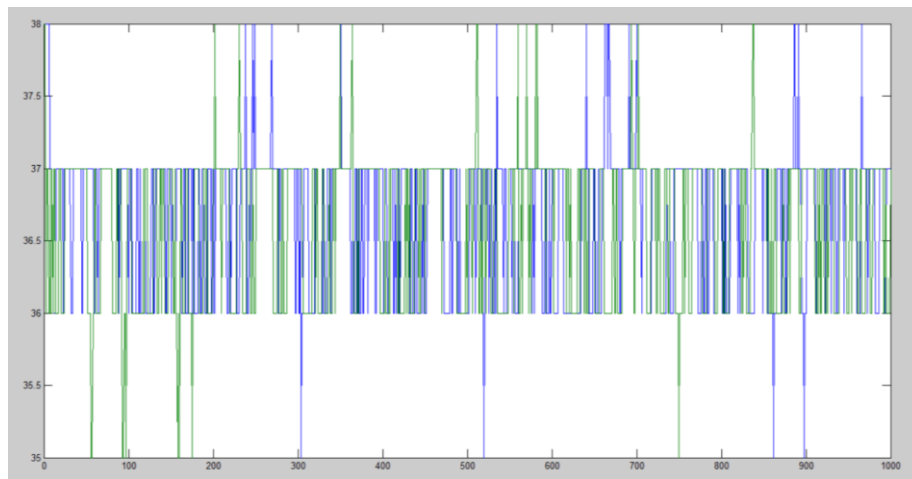


Fig. 42: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Jerez (sana)

Elaborado por: Investigadora

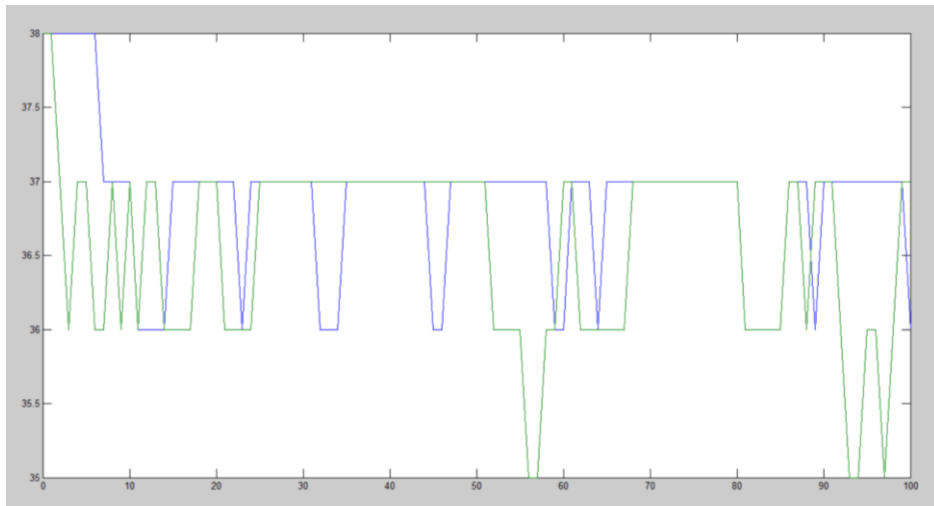


Fig. 43: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Jerez (sana)

Elaborado por: Investigadora

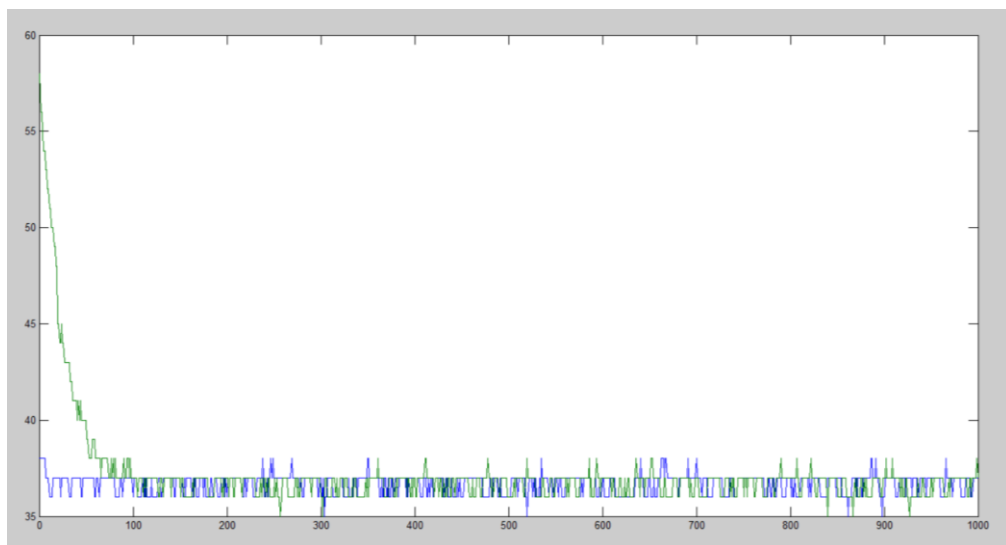


Fig. 44: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Quinteros (sana)

Elaborado por: Investigadora

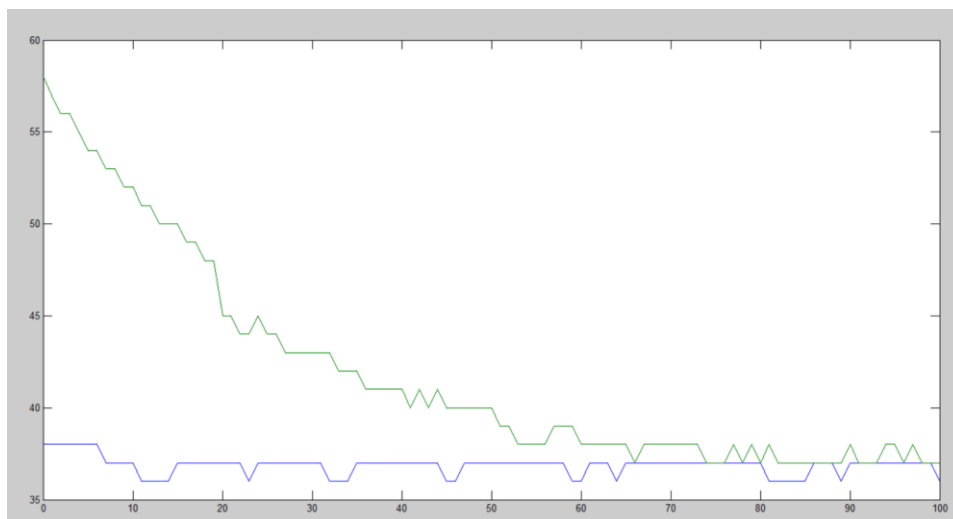


Fig. 45: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Quinteros (sana)

Elaborado por: Investigadora

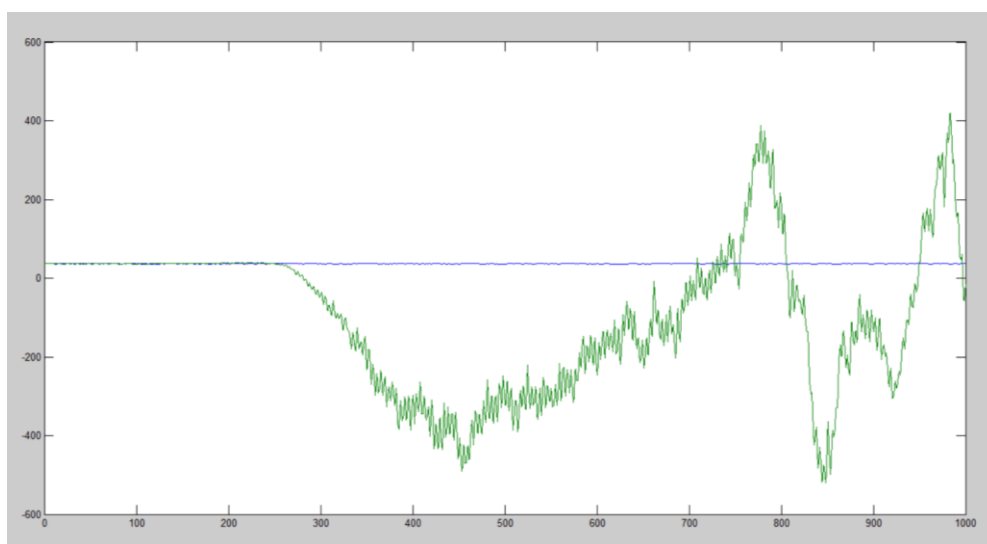


Fig. 46: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Carrillo (sano)

Elaborado por: Investigadora

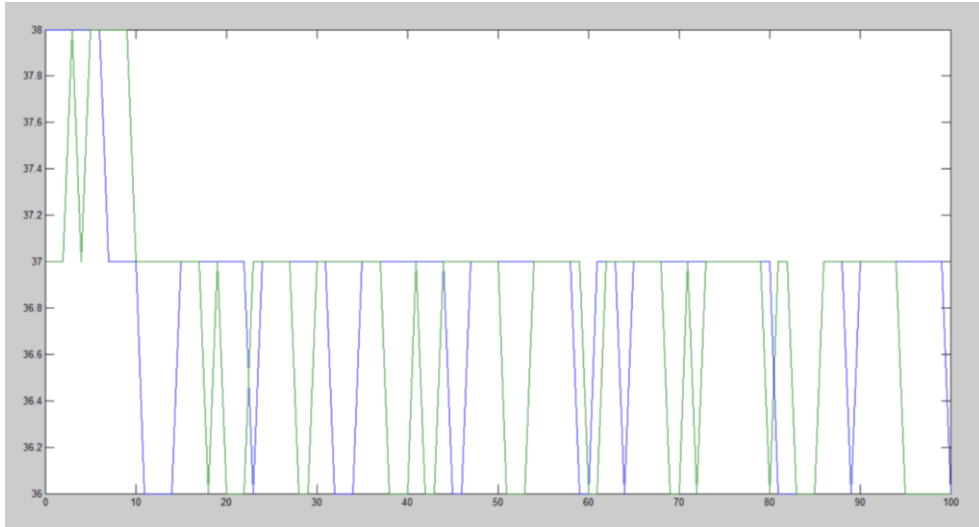


Fig. 47: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Carrillo (sano)

Elaborado por: Investigadora

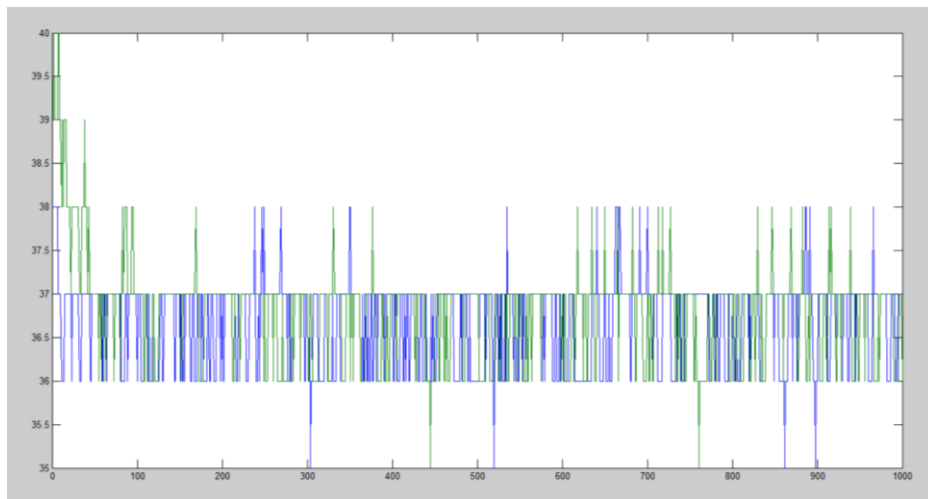


Fig. 48: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Constante (sano)

Elaborado por: Investigadora

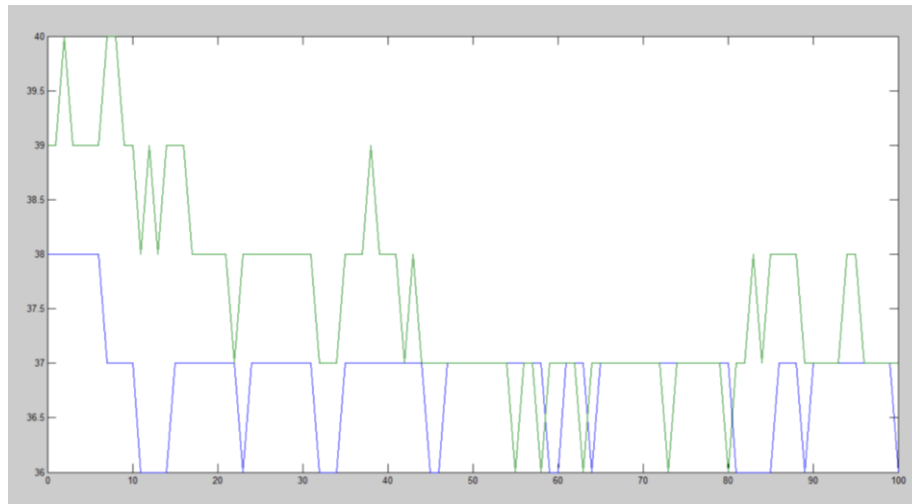


Fig. 49: Comparación de resultados entre paciente Bombon (Parkinson) y paciente Constante (sano)

Elaborado por: Investigadora

4.8 Presupuesto

El presupuesto para la implementación del prototipo Sistema de detección de patrones irregulares en las señales encefalográficas para el diagnóstico temprano de la enfermedad de parkinson, se divide en el presupuesto en diseño y construcción. El presupuesto del diseño se considera el total de las horas empleadas, por lo que se considera el análisis del salario básico de un ingeniero en Electrónica y Comunicaciones establecido por el Ministerio del Trabajo que corresponde a 858 dólares mensuales. Se considera un promedio de 21 días laborables por año, mediante la ecuación 4 se obtiene el salario por día:

$$\text{Salario}_{\text{diario}} = \frac{\text{Salario}_{\text{mensual}}}{\text{Días}_{\text{laborables}}}$$

$$\text{Salario}_{\text{diario}} = \frac{858}{21}$$

$$\text{Salario}_{\text{diario}} = 40,86 \text{ dólares}$$

Para obtener el valor de una hora de trabajo se realiza lo siguiente tomando en cuenta que un día laboral está constituido por 8 horas.

$$\text{Salario}_{\text{hora}} = \frac{\text{Salario}_{\text{diario}}}{\text{Horas}_{\text{laborables}}}$$

$$\text{Salario}_{\text{hora}} = \frac{40.86}{8}$$

$$\text{Salario}_{\text{hora}} = 5.11 \text{ dólares}$$

Aproximadamente, se estima 110 horas de investigación empleadas para el diseño, simulación, pruebas de funcionamiento e implementación, se obtiene el presupuesto del proyecto de investigación indicado en la tabla 14:

Tabla 14: Presupuesto del diseño del sistema

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Diseño	Horas	110	5,11	562,10

En la tabla 15 se describe los dispositivos empleados en la construcción del prototipo.

Tabla 15: Descripción del valor de los dispositivos empleados

Ítem	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Casco Mindwave	1	100,00	100,00
2	Transporte	6	1,25	7,50
3	Papelería			10,00
4	Pilas recargables AAA	1	10,00	10,00
5	Cargador de pilas	1	15,00	15,00
Subtotal				142,50
Iva (12%)				17,10
Total				159,60

Una vez realizado el presupuesto para el diseño y para la construcción se obtiene el presupuesto total en la tabla 16:

Tabla 16: Presupuesto total del proyecto

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1	Diseño	Horas	110	5,11	562,10
2	Construcción	Dólares	1	125,00	159,60
Total					721,70

Finalmente, el presupuesto total del proyecto de investigación bajo el tema Sistema de detección de patrones irregulares en las señales encefalográficas para el diagnóstico temprano de la enfermedad de parkinson es de 721,70 dólares.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El examen electroencefalográfico permite observar de cada paciente los eventos pasados y actuales de la actividad cerebral por tal motivo lleva el nombre de registro EEG, permitiendo identificar y dar seguimiento a patologías que pueden presentar el cerebro.
- El examen se lo realiza de manera no invasiva al cuerpo humano colocando un biosensor en la superficie de la frente del paciente para la obtención de las señales; la ubicación de los sensores depende del dispositivo a utilizar, en este proyecto de investigación se utiliza la diadema Mindwave que es apta para este tipo de señales y es una de las más utilizadas en el monitoreo de señales EEG.
- El sistema de adquisición de señales encefalográficas cuenta con una interfaz óptima para el usuario, misma que se encuentra dentro del software Labview; esto permite al médico o familiar del paciente conectar el casco con Labview de forma segura y rápida; eliminando el proceso de encendido de equipos, preparación de los mismos entre otros diferentes tipos de procedimientos médicos que retardan la adquisición de las señales.
- El presente proyecto de investigación es experimental, ya que los resultados obtenidos de las pruebas en un grupo limitado de pacientes permitió comprobar que el número de repeticiones en las frecuencias de -2.5 a -1.75 son más altas que el número de repeticiones en personas sanas; por lo que se presenta como un modelo experimental para determinar que un paciente tiene o no la Enfermedad de Parkinson en etapas iniciales.
- En las mediciones de microvoltajes de los pacientes de parkinson el valor referencial es de 2.58 uV; mismo que se compara con los pacientes que fueron analizados, obteniendo de un universo de 75 personas, 20 pacientes con Parkinson y 55 pacientes sanos; los mismos que fueron corroborados con la base de datos y dando como resultado que la fiabilidad del prototipo es de $\pm 3\%$.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe verificar que los sensores colocados en los pacientes estén correctamente posicionados; es decir, el biosensor debe estar en la parte exterior de la frente.
- Se debe tomar en cuenta la distancia entre el casco Mindwave y el computador con el software Labview ya que la comunicación entre ellos es mediante bluetooth que tiene un alcance de 9 metros y al pasar esto se podría perder la comunicación y perderse los datos o almacenarse los que haya alcanzado a obtener.
- Para una mayor confiabilidad se debe realizar las pruebas a pacientes con Parkinson y a pacientes sanos pero bajo las mismas circunstancias, edades y en entornos diferentes.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Nefrouros.net,» 2013. [En línea]. Available: <http://nefrouros.net/parkinson-afecta-a-5-millones-de-personas-en-el-mundo/>. [Último acceso: 05 Abril 2018].
- [2] F. Á. Martínez Raúl, «Enfermedades neurológicas degenerativas,» *Revista Médica Clínica Las Condes*, vol. 27, n° 3, pp. 285-416, Mayo 2016.
- [3] G. L. y J. Yunga, «Anuario de Estadísticas Hospitalarias Camas y Egresos,» de *Estadísticas Sociodemográficas*, 2013, p. 417.
- [4] D. L. Hora, «Parkinson: enfermedad sin cifras,» *Diario La Hora*, 14 Febrero 2011.
- [5] H. S. C. d. Jesús, *Hospital Sagrado Corazón de Jesús*, Ambato, 2018.
- [6] A. G. S. J. R. D. J. L. R. Valencia, «Análisis de la señal ECG en pacientes con enfermedad de Parkinson,» *Sociedad Española de Ingeniería Biomédica*, p. 4, 2013.
- [7] A. G. E. M. M. R. P. Escudero, «Procesamiento de señales de estabilometría usadas en la valoración del balance de individuos con enfermedad de Parkinson,» *Desarrollo e Innovación Tecnológica IDIT*, p. 6, 2013.
- [8] «Evaluación automática de trastornos articulatorios en la enfermedad de Parkinson,» *IEEE Xplore*, pp. 25-28, 2014.
- [9] J. C. R. P. E. J. H. A. Romo, «Análisis de señales EMG Superficiales y su aplicación en control de prótesis de mano,» *UAEM redalyc.org*, p. 10, 2014.
- [10] C. R. J. M. H. M. N. Roosas, «Sistema de monitorización remoto de Señales Biomédicas vía celular,» *INGENIUM*, p. 11, 2014.
- [11] «Predicción de ataques epilépticos automáticos basada en las señales EEG y ECG del cuero cabelludo,» *IEEE Xplore*, p. 28, 2016.
- [12] J. M. L. P. S. E. C. Bastidas, «Estudio de redes de sensores y aplicaciones orientadas a la recolección y análisis de señales biomédicas,» *GTI*, pp. 1-15, 2016.
- [13] N. A. .. A. Á. G. D. M. S. A. Jalomo, «Evaluación de la presencia de Disautonomía en pacientes con Parkinson mediante Análisis de Señales Cardiovasculares,» *UAEM redalyc.org*, pp. 1-14, 2017.
- [14] E. R. V. Herrera, «Prototipo de prótesis de un brazo con 12 GDL controlada mediante ondas cerebrales,» Ambato, 2017.
- [15] D. B. d. I. C. Fages, *Guía Informativa de la Enfermedad de Parkinson*, España, 2016.
- [16] M. Dra. Ingrid Estrada Bellmann y D. H. R. M. Rodríguez, «Diagnóstico y tratamiento de la Enfermedad de Parkinson,» *AVANCES*, vol. 8, n° 25, pp. 1-7, 2017.

- [17] J. Mariño, *Parkinson*, México, 2015.
- [18] D. M. R. Violante, *Enfermedad de Parkinson Síntomas motores y tratamiento temprano*, México, 2016.
- [19] J. O. R. Francisco Escamilla Sevilla, «Recomendaciones de Práctica Clínica en la Enfermedad de Parkinson,» *Sociedades Andaluza de Neurología (SAN)*, vol. 1, n° 12, pp. 10-15, 2017.
- [20] J. Toro, «Acta médica,» [En línea]. Available: <http://www.actamedicacolombiana.com/anexo/articulos/06-1996-01-Enfermedad%20de%20Parkinson.html>. [Último acceso: 22 08 2018].
- [21] M. J. Halfon, «Tratamiento Inicial de la enfermedad de Parkinson,» *Area de movimientos anormales - Guía de práctica clínica*, vol. 2, n° 3, pp. 1-2, 2016.
- [22] E. R. V. Herrera, Prototipo de prótesis de un brazo con 12 GDL controlada mediante ondas cerebrales, Ambato, 2017.
- [23] P. Santiago, *Funciones de cerebro*, Chile, 2016.
- [24] C. P. V. D. G. C. F. A. R. G. L. Babiloni, «Fundamentals of electroencefalography, magnetoencefalography, and functional magnetic resonance imaging,» *International review of neurobiology*, pp. 67-80, 2009.
- [25] O. M. G. D. D. G. O. C. Roberto Sepúlveda, «Clasificación de señales encefalográficas mediante redes neuronales artificiales,» *ISSN*, vol. 15, n° 37, pp. 1-20, 2007.
- [26] F. J. M. Albaladejo, «Evaluación de Técnicas Computacionales para el análisis Lineal de Señales Electroencefalográficas,» de *Universidad Politécnica de Cartagena*, Cartagena, 2013, pp. 20-30.
- [27] R. W. J. H. a. P. P. Homan, «Cerebral location of international 10-20 system electrode placement,» *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, vol. 4, n° 66, pp. 376-382, 2015.
- [28] F. H. L. d. S. D. L. S. Niedermeyer's, «Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields,» *Clinical Applications LWW*, vol. 6, 2012.
- [29] D. R. S. P. Dra. Cecilia García Cena, «Análisis de señales EEG para detección de eventos oculares, musculares y cognitivos,» de *INDUSTRIALES ETSII UPM*, 2016, pp. 40-48.
- [30] A. M. T. J. I. F. Carlos Guerrero Mosquera, «New Feature extraction approach for epileptic EEG signal detection using time-frequency distributions,» *Medical & Biological Engineering & Computing*, vol. 48, n° 4, pp. 321-330, 2013.
- [31] I. R. Arafat, «Brain-Computer Interface,» *International Islamic*, pp. 52-61, 2013.

- [32] N. a. E. Examples, «Neurophysiology and Experimental Examples,» Octubre 2016. [En línea]. Available: <http://nora.uib.no/bitstream/handle/1956/5536/85714421.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 25 Enero 2018].
- [33] A. Verdesoto, «Tecnología en Salud,» 18 Agosto 2013. [En línea]. Available: <http://www.medigraphic.com/pdfs/invdiss/ir-2013/ir132c.pdf>. [Último acceso: 25 Enero 2019].
- [34] T. N. Lal, «Methods towards invasive human brain computer interfaces,» de *Advances in neural information processing systems*, 2014, pp. 50-55.
- [35] «Wikitel. Comunicaciones Inalámbricas,» Agosto 2017. [En línea]. Available: http://www.wikitel.info/wiki/Comunicaciones_inal%C3%A1mbricas. [Último acceso: 29 Enero 2019].
- [36] A. M. R. Mejía, «Tecnología de comunicación inalámbrica,» 2014. [En línea]. Available: <https://prezi.com/i7w7kwq6vgiy/tecnologias-de-comunicacion-inalambrica-bluetooth-wifi-in/>. [Último acceso: 30 Diciembre 2018].
- [37] L. d. V. Hernández, «programarfacil.com - Sistemas de comunicación inalámbricas,» [En línea]. Available: <https://programarfacil.com/podcast/65-sistemas-de-comunicacion-inalambricas/>. [Último acceso: 2 Febrero 2019].
- [38] I. Virtuales, «Entorno NI LabVIEW,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/academic/students/learnlabview/esa/environment.htm>. [Último acceso: 27 Febrero 2019].
- [39] NeuroSky, «MeuroSky - Cascos Mindwave,» 2017. [En línea]. Available: <http://www.unobrain.com/cascos-mindwave>. [Último acceso: 27 Enero 2019].
- [40] «NeuroSky,» Abril 2017. [En línea]. Available: <https://store.neurosky.com/products/eeg-tgam>. [Último acceso: 26 Enero 2019].
- [41] A. L. Schmidt, «FFT: Transformada Rapida de Fourier,» Argentina, 2013, pp. 1-3.
- [42] I. Balseiro, «Transformadas de Fourier,» de *Sistema Nacional de Computación de Alto Desempeño*, 2015, pp. 1-54.
- [43] F. L. Yarko Niño, «Introducción a LabView,» pp. 1-3, 2017.
- [44] J. R. Ocampo, «Desarrollo de una Herramienta de control automático y estadístico de procesos en línea y tiempo real con Labview,» *Tecnología centroamericana*, pp. 1-18, 2014.
- [45] S. W. C. B. G. R. A. V. Elena Ratti, «Frontiers in human neuroscience (Comparison of medical and consumer wireless EEG Systems for use in clinical trials),» 3 Aug 2017. [En

línea]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5540902/>. [Último acceso: 27 Febrero 2019].

- [46] MathWorks, «MathWorks,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>. [Último acceso: 26 Febrero 2019].
- [47] U. N. d. Colombia, «Universidad Nacional de Colombia,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.fce.unal.edu.co/unidad-de-informatica/proyectos-de-estudio/software-libre-y-propietario/1211-scilab-y-sus-caracteristicas.html>. [Último acceso: 26 Febrero 2019].
- [48] N. Instrument, «NAtional Instrument,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>. [Último acceso: 24 Febrero 2019].
- [49] Mirodriguez, «prof.usb.ve,» 2017. [En línea]. Available: <http://prof.usb.ve/mirodriguez/InstCap1.pdf>. [Último acceso: 21 Marzo 2018].

ANEXOS

ANEXO A:

En el Anexo A se muestra las características técnicas del casco Mindwave

DATASHEET (CARACTERÍSTICAS) DIADEMA MINDWAVE



Características Técnicas

- Se conecta directamente a un electrodo seco.
- Tiene un canal de EEG con tres contactos: EEG , REF , y GND
- Su ajuste incorrecto detecta a través de la advertencia "Mala calidad de la señal " si se debe restablecer la comunicación con la cabeza del usuario
- Está provisto de la tecnología de filtrado avanzado con alta inmunidad al ruido
- Tiene bajo consumo de energía adecuado para aplicaciones impulsadas por batería portátiles
- Consumo de energía máximo 15mA a 3.3 V
- Salida de datos en bruto del EEG a 512 bits por segundo

Características Físicas

- Entrega de una señal eléctrica generada por la onda cerebral tomada en el punto FP1, la cual recibe el nombre de RAW.
- Procesamiento de las señales y entrega de los espectros producto de las señales del EEG (Alfa, Beta, etc.)
- Entrega de los valores eSense para la obtención de Atención, meditación.
- Dato PSQ, el cual se entrega para permitir observar un análisis de calidad de la señal (se puede utilizar para detectar un mal contacto y si el dispositivo está fuera de la cabeza)
- Detección de parpadeo físico (solo mediante el TGDC).
- Dimensiones (máx.) 2.79cm x 1.52cm x 0.25cm
- Peso (máx.) 130 mg

Especificaciones técnicas de adquisición.

- 512 bits por segunda frecuencia de muestreo
- Rango de frecuencia de 3-100 Hz
- Protección ESD: Contacto de 4 kV de descarga, descarga 8 kV aire
- Consumo de energía máximo: 15mA@3.3V
- Tensión de funcionamiento 2.97 ~ 3.63V
- Salida y velocidad de transmisión.
- 1200 baudios con eSense, ePower, (alfa, beta, etc.) y PSQ.
- 9600 baudios con eSense, ePower, (alfa, beta, etc.) y PSQ.

ANEXO B:

En el anexo B se detalla de las características técnicas del software Labview

Introducción a LabVIEW.

**Software de aplicación : LabVIEW
(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)**



Introducción a LabVIEW.

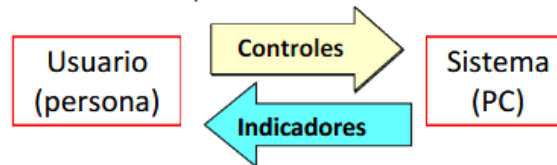
Características de LabVIEW.

1. Lenguaje de programación gráfica para desarrollar instrumentos virtuales.
2. No se basa en la programación convencional (líneas secuenciales de un fichero de texto).
3. Presenta las herramientas necesarias para:
 - El test y las mediciones.
 - El monitoreo y control de procesos.
4. Sus programas se denominan instrumentos virtuales (Virtual Instruments o VI).
5. Permite la ejecución simultánea de varios VI.

Estructura de un VI.

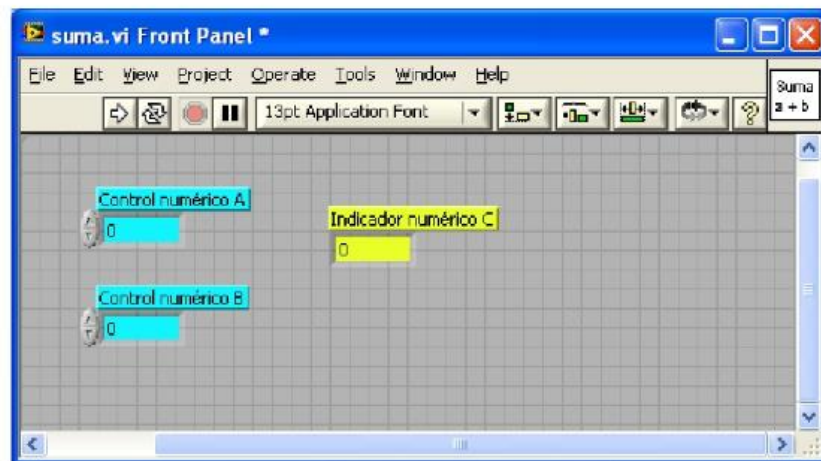
1- Panel frontal

- 1.1- Interfaz entre el usuario y el sistema
- 1.2- Formado por controles e indicadores



Estructura de un VI.

Panel frontal del VI suma.vi

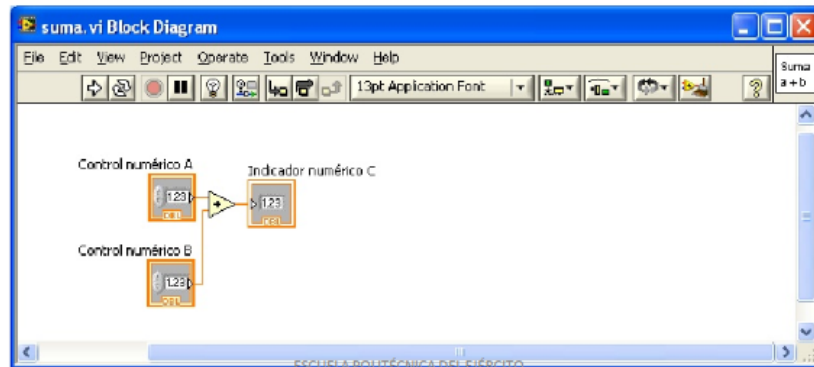


Estructura de un VI.

2- Diagrama en bloques

2.1- Se definen de forma grafica las tareas que debe ejecutar el VI

Diagrama en bloques del VI suma.vi



Estructura de un VI.

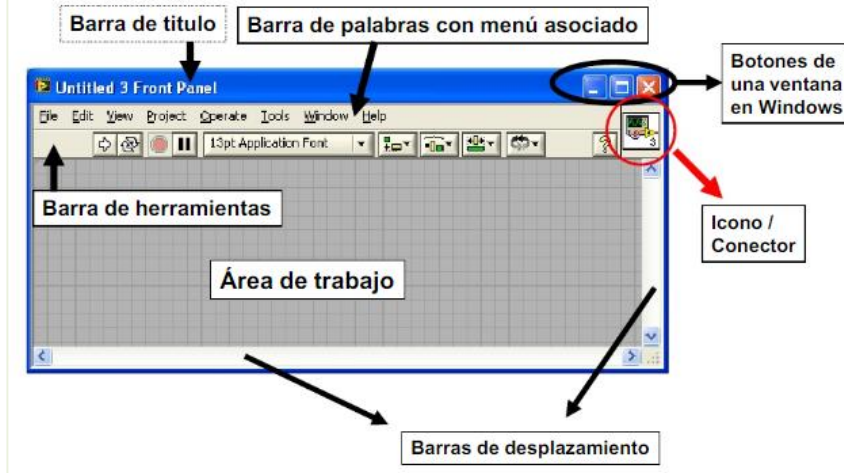
3- Icono / conector

3.1 Se utilizan cuando el VI se usa como subVI en el diagrama en bloques de un VI de mayor jerarquía.

3.1- Icono: Representación grafica simplificada del VI.

3.2- Conector: Especifica las entradas y salidas del subVI

Estructura del Panel frontal.



Tipos de datos en LabVIEW.

Datos no estructurados

Numéricos

Enteros (con signo y sin signo)

Con punto flotante (reales y complejos)

Booleanos (true o false)

Strings (caracteres)

Especiales

List and Ring

Path and Refnum

Datos estructurados

Arrays

Clusters

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

ANEXO C:

En el anexo C se muestra los síntomas de la enfermedad de Parkinson

Sintomas motores	Sintomas no motores
Temblo, bradicinesia, rigidez, inestabilidad postural	Deterioro cognitivo, bradifrenia, anomia (fenómeno de la punta de la lengua)
Hipomimia, disartria, disfagia, sialorrea	Depresión, apatía, anhedonia, fatiga, otros problemas neuropsiquiátricos
Disminución del braceo, marcha arrastrando los pies, festinación, dificultad para levantarse de la silla o darse la vuelta en la cama	Síntomas sensoriales: anosmia, ageusia, dolor, parestesias, síndrome de piernas inquietas
Micrografía, enlentecimiento en las actividades de la vida diaria: comida, vestido, aseo, manipulación de objetos	Disautonomía: ortostatismo, estreñimiento, problemas urinarios, impotencia, sudación, seborrea, pérdida de peso
Reflejo glabellar, blefarospasmo, distonía, deformidad estriatal del pie, escoliosis, signo de Pisa	Trastornos del sueño: trastorno de conducta del sueño REM, sueños muy vívidos, somnolencia diurna, sueño fragmentado, síndrome de piernas inquietas

Hallazgos clínicos atípicos para una enfermedad de Parkinson y que indicarían un parkinsonismo atípico también llamado síndrome Parkinson-plus

<p>Motores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inestabilidad y caídas precoces • Rápida progresión de la enfermedad • Mala respuesta a levodopa • Signos piramidales • Signos cerebelosos • Disartria-disfagia precoces • Distonía cervical en extensión o antecollis exagerado • Polineuropatía • Mioclonías reflejas <p>Oculomotores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trastorno de la verticalidad de la mirada • Sacadas en onda cuadrada • Apraxia de la apertura palpebral • Blefarospasmo reflejo <p>Cognitivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demencia precoz • Alucinaciones visuales espontáneas • Apraxia ideomotora • Trastorno cortical de la sensibilidad, extinción sensitiva

Diferencias entre el temblor parkinsoniano y temblor esencial

Hallazgo	Enfermedad de Parkinson	Temblor esencial
Edad de inicio	55-75	10-80
Historia familiar	+/-	++
Frecuencia del temblor (Hz)	4-6	5-10
Características del temblor	Pronación-supinación	Flexión-extensión
Factores de influencia		
Reposo	Aumenta	Disminuye
Acción	Disminuye	Aumenta
Concentración	Disminuye	Aumenta
Escribir	Disminuye (micrografía)	Aumenta (escritura temblorosa)
Caminar	Aumenta	Disminuye
Alcohol	-	Disminuye
Temblor postural	Reemergente (latencia)	Sin latencia
Temblor cinético	+/-	Si
Temblor de extremidades	Asimétrico	Bastante simétrico
Otras localizaciones	Cara, mandíbula, labios, barbilla	Cabeza, voz
Neuroimagen del sistema dopaminérgico	Déficit dopaminérgico moderado-severo	Puede haber un leve déficit dopaminérgico
Sonografía cerebral	Hiperecogenicidad de la sustancia negra marcada	Leve hiperecogenicidad de la sustancia negra
Neuropatología	Degeneración nigroestriada, cuerpos de Lewy	Degeneración cerebelosa leve, rara vez cuerpos de Lewy
Tratamiento	Levodopa, agonistas dopaminérgicos, anticolinérgicos, amantadina, estimulación cerebral profunda	Alcohol, bloqueadores beta, primidona, topiramato, gabapentina, toxina botulínica, estimulación cerebral profunda

ANEXO D:

En el anexo D se muestra los exámenes realizados a los pacientes del Hogar de Ancianos Sagrado Corazón de Jesús de las Madres Doroteas

