

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



SOFTWARE INTERACTIVO CONTROLADO POR UN SISTEMA
ELECTROMIOGRÁFICO PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN EN
PACIENTES CON PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL EN EL HOGAR
CLÍNICA SAN JUAN DE DIOS

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

DIANA KATHERINE FLORES CELIS

Chiclayo 27 de Noviembre de 2015

**“SOFTWARE INTERACTIVO CONTROLADO POR UN SISTEMA
ELECTROMIOGRÁFICO PARA MEJORAR LA COMUNICACIÓN EN
PACIENTES CON PARÁLISIS CEREBRAL INFANTIL EN EL HOGAR
CLÍNICA SAN JUAN DE DIOS”**

POR:

DIANA KATHERINE FLORES CELIS

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de
INGENIERA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

**Ing. Gregorio Manuel León Tenorio
PRESIDENTE**

**Ing. Huílder Juanito Mera Montenegro
SECRETARIO**

**Mgtr. Luis Augusto Zuñe Bispo
ASESOR**

DEDICATORIA

A mis padres, quienes luchan día a día por hacer de mí una gran persona y me han enseñado a seguir adelante siempre superando cada obstáculo que se presente.

A mi familia, porque me han mostrado su apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por enseñarme a trazarme metas y cumplir con mis objetivos; a mis profesores, por su disciplina y los conocimientos brindados, además de sus críticas en pos de mejorar esta investigación; y a Luis, por su gran disposición en ayudarme y su constante motivación.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	12
II. MARCO TEÓRICO	15
2.1 Antecedentes	15
2.2 Bases Teórico Científicas	16
2.2.1. Electrofisiología	16
2.2.2. PARÁLISIS CEREBRAL (PC)	21
2.2.3. Interacción Persona-Ordenador	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1 Diseño de investigación	27
3.1.1. Tipo de Investigación	27
3.1.2. Hipótesis	27
3.1.3. Diseño de Contrastación	27
3.1.4. Variables	27
3.1.5. Indicadores	27
3.1.6. Población y Muestra	28
3.1.7. Métodos y Técnicas de Recolección de Datos	28
3.1.8. Técnicas de Procesamiento de Datos	28
3.2 Metodología	29
3.2.1. Fases	30
IV. RESULTADOS	32
4.1 Análisis de Requisitos	32
4.1.1. Objetivos de la Aplicación	32
4.1.2. Análisis de los Implicados	33
4.1.3. Estructura y Contenidos	33
4.1.4. Objetivos de Usabilidad	34
4.1.5. Roles y Perfiles de Usuario	34
4.1.6. Modelo de Análisis	35
4.1.7. Plataforma	39
4.1.8. Descripción del entorno	43
4.1.9. Estilos de interacción	43
4.1.10. Factibilidad Económica	44
4.2 Diseño	44
4.2.1. Estilo Gráfico	44
4.2.2. Análisis de la Metáfora	44
4.2.3. Modelo de Diseño	46
4.3 Desarrollo	47
4.3.1. Adquisición de la Señal	47
4.3.2. Extracción de Características	49

4.3.3. Toma de Muestras	51
4.3.4. Reconocimiento de Patrones	55
4.3.5. Movimiento Del Mouse	61
4.4 Prototipado	58
4.5 Evaluación	63
<i>V. DISCUSIÓN</i>	<i>64</i>
<i>VI. CONCLUSIONES</i>	<i>70</i>
<i>VIII. ANEXOS</i>	<i>73</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro comparativo entre el Diseño centrado en el usuario y el Diseño dirigido por la Tecnología (Granollers i Saltiveri 2004)	<u>24</u>
Tabla 2. Diseño de Contrastación de Hipótesis	<u>27</u>
Tabla 3. Indicadores	<u>28</u>
Tabla 4. Métodos y Técnicas de Recolección de Datos	<u>28</u>
Tabla 5. Reconocimiento de Patrones	<u>55</u>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Metodología para la Construcción de un Electromiógrafo de 4 canales</i>	20
<i>Figura 2. MPIU+a. (Granollers i Saltiveri 2004)</i>	30
<i>Figura 3. Criterios de Usabilidad (Granollers i Saltiveri 2004)</i>	31
<i>Figura 4. Diagrama de Casos de Uso</i>	35
<i>Figura 5. Diagrama de Realización de CU de Análisis</i>	35
<i>Figura 6. Gestionar Paciente</i>	36
<i>Figura 7. GenerarReporteNotificaciones</i>	36
<i>Figura 8. RegistrarNotificación</i>	37
<i>Figura 9. IU Gestionar Paciente</i>	37
<i>Figura 10. IU GenerarReporteNotificaciones</i>	38
<i>Figura 11. IU RegistrarNotificación</i>	38
<i>Figura 12. Tarjeta EKG-EMG SHIELD</i>	40
<i>Figura 13. Cable para EMG</i>	40
<i>Figura 14. Electrodo Pasivo</i>	41
<i>Figura 15. Sistema EMG</i>	41
<i>Figura 16. Tarjeta Arduino UNO</i>	42
<i>Figura 17. Cable de Impresora USB</i>	43
<i>Figura 18. Diagrama de Casos de Uso de Diseño</i>	46
<i>Figura 19. Diagrama de Clases de Diseño</i>	46
<i>Figura 20. Modelo Relacional de la BD</i>	47
<i>Figura 21. Adquisición de la Señal</i>	47
<i>Figura 22. Filtro Butterworth</i>	48
<i>Figura 23. Señales de los Movimientos de la Mano</i>	49
<i>Figura 24. Señal de Reposo</i>	51
<i>Figura 25. Muestra 1 de Señal de Cierre</i>	51
<i>Figura 26. Muestra 2 de Señal de Cierre</i>	51
<i>Figura 27. Muestra 3 de Señal de Cierre</i>	51
<i>Figura 28. Muestra 4 de Señal de Cierre</i>	52
<i>Figura 29. Muestra 5 de Señal de Cierre</i>	52
<i>Figura 30. Muestra 1 de Señal de Índice-Pulgar</i>	52
<i>Figura 31. Muestra 2 de Señal de Índice-Pulgar</i>	52
<i>Figura 32. Muestra 3 de Señal de Índice-Pulgar</i>	53
<i>Figura 33. Muestra 4 de Señal de Índice-Pulgar</i>	53
<i>Figura 34. Muestra 5 de Señal de Índice-Pulgar</i>	53
<i>Figura 35. Muestra 1 de Señal de Índice-Pulgar</i>	53
<i>Figura 36. Muestra 2 de Señal de Índice-Pulgar</i>	54
<i>Figura 37. Muestra 3 de Señal de Índice-Pulgar</i>	54
<i>Figura 38. Muestra 4 de Señal de Índice-Pulgar</i>	54
<i>Figura 39. Muestra 5 de Señal de Índice-Pulgar</i>	54
<i>Figura 40. Prototipo Bienvenidos</i>	58
<i>Figura 41. Panel del Terapeuta</i>	58
<i>Figura 42. Prototipo Perfil Terapeuta</i>	59
<i>Figura 43. Prototipo Gestionar Paciente</i>	59
<i>Figura 44. Prototipo Mantenimiento de Paciente</i>	60
<i>Figura 45. Interfaz Inicio de Sesión</i>	60
<i>Figura 46. Pantalla Principal del Área del Paciente y elección del puerto de la Tarjeta EMG</i>	61

<i>Figura 47. Panel Enferma- Emergencias</i>	<i>61</i>
<i>Figura 48. Panel de Alimentos</i>	<i>62</i>
<i>Figura 49. Panel de Conversación</i>	<i>62</i>
<i>Figura 50. Panel de Actividades</i>	<i>63</i>

RESUMEN

Actualmente, un 15% de las personas discapacitadas son excluidas de la vida social y cuentan con un déficit en su calidad de vida. 0,25% de estos niños padecen Parálisis Cerebral Infantil, cuyas características principales son la dificultad en el habla y limitación motora. En el área de Hospitalización de la Clínica, se cuentan con 25 pacientes habiendo una clara diferencia respecto al número de enfermeras encargadas, el tiempo dedicado a la terapia del lenguaje es mínimo y no se cuentan con herramientas adecuadas para reforzar el mismo.

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar la capacidad de comunicación de los pacientes con parálisis cerebral infantil, para ello se implementó un Software Interactivo utilizando un Sistema de Electromiografía Superficial, el cual capta las señales eléctricas de 3 movimientos básicos de la mano, con los cuales se controlará el puntero y poder navegar por el Software; para el desarrollo de este se utilizó la metodología MPIU+a. Como resultado se obtuvo una herramienta de comunicación accesible y posible de usar por los pacientes, aumentando el tiempo de reforzamiento de las terapias de lenguaje y además se logró aumentar el Índice de Barthel, indicador del grado de independencia.

PALABRAS CLAVE: *Sistema electromiográfico, terapia de lenguaje, parálisis cerebral infantil.*

ABSTRACT

Today, 15% of people with disabilities are excluded from social life, and have a low quality of life. 0.25% of these children suffering from Cerebral Palsy, whose main features are difficulty in speech and motor limitation. In the Clinic's Hospitalization area, there are 25 patients having a clear difference regarding the number of nurses in charge, the time devoted to speech therapy is minimum and doesn't have adequate tools to reinforce it.

The Project aims to improve communication skills in patients with cerebral palsy, an Interactive Software was implemented using surface electromyography System, which captures electrical signals of 5 basic movements of the hand, with this the pointer moves and can browse through the software; MPIU+A was the methodology be used. As a result m was obtained a communication tool accessible as possible to use by patients, increasing the time to reinforce language therapies: In addition was achieved to increase the Barthel Index, an indicator of the degree of independence.

KEYWORDS:

Electromyography System, Language Therapy, Cerebral Palsy.

I. INTRODUCCIÓN

En el último Informe Mundial sobre la discapacidad del año 2011, la Organización Mundial de la Salud manifestó que actualmente las personas discapacitadas tienen una deficiente calidad de vida, siendo excluidos de la vida social, de la economía y ubicándose en altos niveles de pobreza. El porcentaje de población mundial que vive en estas condiciones ha aumentado a un 15%, en 150 países y organizaciones de integración regional han firmado la Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad que busca promover, asegurar y proteger el respeto a los derechos humanos que ellas poseen. (Organización Mundial de la Salud 2011)

A nivel nacional, existen aproximadamente un millón y medio de individuos con alguna discapacidad, representando el 5.2% de la población peruana. 932 mil personas con limitación de forma permanente para moverse o caminar y/o para usar brazos o piernas, además de 261 mil con dificultad para hablar o comunicarse. Del total de ellos, sólo reciben tratamiento o Rehabilitación el 11.4%, la terapia más usada y la que más se necesita es la Rehabilitación Física con un 46.1%. (CONADIS 2012)

La Organización Mundial de la Salud (2011) expresa que: “La mitad de las personas con discapacidades no pueden pagar la atención de salud, frente a un tercio de las personas sin discapacidades. Las personas con discapacidades son más de dos veces más propensas a considerar insatisfactorios los servicios de salud que se les dispensan. Son cuatro veces más propensas a informar de que se las trata mal y casi tres veces más propensas a que se les niegue la atención de salud.”

La Parálisis Cerebral (PC) es la causa más frecuente de discapacidad en el niño, se estima que de 2 a 2,5 por 1000 niños tienen PC. El Centro de Cirugía Especial de México nos indica que aproximadamente 17 millones de personas a nivel mundial sufren de Parálisis Cerebral Infantil y 25% de ellas nunca podrán caminar. (Centro de Cirugía Especial de México 2011)

En el Departamento de Lambayeque se encuentra el Hogar Clínica San Juan de Dios, que desde hace más de 27 años se encarga de la Rehabilitación de personas discapacitadas y que los servicios de salud sean accesibles a quienes lo necesiten. Entre las especialidades se encuentran Ortopedia y Traumatología, Medicina Física y Rehabilitación, Pediatría, Neuropediatría, Psicología, Terapia Física y de Lenguaje, entre otros. (Clínica San Juan de Dios 2010) En esta institución se encuentran 16 pacientes entre las edades de 4 a 25 años que sufren de Parálisis Cerebral Infantil (PCI), la Rehabilitación de un paciente con PCI es muy lenta, puede llevar mínimo de 6 meses hasta 2 años. Durante ese tiempo ellos son sometidos a 3 tipos de terapia según sus necesidades: Física, Ocupacional y de Lenguaje; a los tres o máximo seis meses se controla la evolución del paciente, sino hubo algún avance con respecto al movimiento de sus extremidades, se le deriva a un traumatólogo pediatra que evaluará la posibilidad de operar si en caso exista un problema de huesos o articulaciones. Por otro lado, sólo el 3.3% de los pacientes reciben visitas familiares una vez a la semana, y un 12.5% una vez al

mes, el apoyo familiar siempre significa una motivación para el paciente y el no poder tenerlos cerca deteriora su estado de ánimo.

Estos pacientes pasan mucho tiempo hospitalizados y las actividades que pueden realizar son realmente limitadas, “puede parecer entonces que el niño tiene afectada la percepción, alteración no necesariamente debida a causas orgánicas sino más bien a la falta de experiencia.” (Perla, Forster y Devilat, 2012). Esta falta de experiencia es consecuencia de la rutina diaria que puede cambiar con la interacción persona-ordenador que pueda experimentar el paciente mejorando la percepción y por tanto producir mejoras en su rehabilitación. A la vez es necesario reforzar y promover la independencia de los pacientes pues esto aumenta la autoconfianza y la autoestima, esto se logrará con el aporte presentado que complementará la Terapia Ocupacional y a la vez la Terapia de Lenguaje.

El problema seleccionado son las Limitaciones en las capacidades de comunicación de las personas con PCI, debido a la dificultad de movimiento de extremidades y de los órganos del habla, que son características de la enfermedad; insuficiente personal de Enfermería en el Área de Hospitalización, dado a que sólo hay dos enfermeras por turno para atender a los 25 pacientes a pesar de contar con personal de apoyo voluntario que no se encuentra capacitado en técnicas de comunicación; poco tiempo asignado para la Terapia de Lenguaje que sólo es de una hora a la semana por paciente; además del bajo presupuesto que se maneja para la contratación de personal médico especialista en comunicación y adquisición de equipos necesarios; por otro lado el ambiente en el que se encuentran no es apto para el aprendizaje y dado que no existe un Área de Investigación y Desarrollo, no hay ningún Plan que promueva las capacidades de Paciente. Todo esto trae como consecuencia que ellos no puedan comunicarse con otras personas, limita el desarrollo de sus capacidades intelectuales, genera en el 50% de pacientes dependencia absoluta para realizar actividades básicas y por consiguiente retraso en la evolución del Paciente prolongando su rehabilitación hasta 5 años. De acuerdo al problema identificado, se cuestiona ¿De qué manera se podría superar las limitaciones en comunicación en los pacientes que sufren Parálisis Cerebral Infantil?, la respuesta a este problema es que mediante el uso de un Sistema Computacional Controlado por Electromiografía Superficial, el paciente con Parálisis Cerebral Infantil tendrá acceso a una herramienta de comunicación.

El objetivo que se plantea en el siguiente trabajo de investigación es mejorar la capacidad de comunicación de los pacientes con parálisis cerebral infantil, para el efecto se tendrá que:

- Minimizar la dependencia de los pacientes con PCI, respecto a sus necesidades de comunicaciones.
- Aumentar el tiempo de la Terapia de Lenguaje.
- Superar las limitaciones de equipos y herramientas de comunicaciones para los pacientes.

Como Justificación Tecnológica se tiene que el desarrollo de una nueva Área de Investigación que es la Electromiografía Superficial, una tecnología novedosa que

aún no se desarrolla completamente pero con mucho potencial. En el área de la Medicina y terapia es más valiosa, porque contribuye desde el Diagnóstico de Enfermedades hasta su aplicación en Terapias.

Del punto de vista económico, este Software Interactivo es una herramienta de comunicación no muy costosa comparada con las del mercado; debido a que utiliza Tarjetas Arduino cuyo lenguaje de programación es libre y hace que los costos de elaboración se reduzcan significativamente.

En el aspecto Social, mejorarán las capacidades de comunicación de los pacientes, significando un gran paso en su desarrollo del lenguaje, principalmente en el aspecto semántico y fonológico. A su vez, refuerza su sentido de independencia, mejora su calidad de vida y disminuye la brecha digital que existe para ellos.

Y por último, como Justificación Científica esta investigación servirá como antecedente a futuras tesis o investigaciones relacionadas con la problemática y objetivos. A la vez, las aplicaciones que se le pueden dar a la Electromiografía se ven extendidas mediante este proyecto que originará una motivación en el ámbito regional y nacional. Por otra parte, se proporciona aspectos relacionados con la Usabilidad y Accesibilidad a tener en cuenta en un Software destinado a personas con necesidades especiales.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Del trabajo presentado por López y otros (2009) en la Universidad de Zaragoza, en el cual se usa la electromiografía para reconocer un conjunto de sílabas en base al movimiento muscular, usando hardware para captura el movimiento y usando algoritmos para clasificarlas y reconocerlas.

Tipan y Ortega (2010) describieron la construcción de un Sistema Electromiográfico para la detección de trastornos neuromusculares para Miembros Superiores, Detallaron los músculos y nervios cutáneos que participan en los movimientos de mano, brazo y antebrazo, en esta investigación se hizo uso de EMG Superficial utilizando electrodos que se conectan hacia Amplificadores Operacionales y éstos a su vez a la PC a través de un puerto serial. La visualización de la señal se realizó a través de LabView.

Peña y Peralta (2011) implementaron un Algoritmo de Reconocimiento de Patrones Electromiográficos para los Movimientos de la Mano, este se integró en una tarjeta electrónica, cuya salida, a través de una pantalla LCD, era el nombre del movimiento. La extracción de características se realizó a través de la Transformada de Wavelet Discreta, cuyos coeficientes se sometieron luego a procedimiento estadísticos, los movimientos que se identificaron fueron siete, adicionando el estado de Reposo.

En la investigación de Córdova (2013) se obtuvieron las señales de las extremidades superiores (bíceps, tríceps, flexor del antebrazo) e inferiores (gemelos) a través de Electromiografía Superficial; de las pruebas realizadas al sistema, se notó diferencias en el comportamiento de la señal debido a parámetros como el tipo de contracción, tipo de músculo, peso con el que se realiza el ejercicio y el individuo al cual se le practican los ensayos, lo que se debería tener en cuenta.

El Proyecto FRESSA 2010 que es un conjunto de programas pensados para personas con discapacidad motriz, sensorial y psíquica implementó en ese mismo año una aplicación llamada KANGHOORU, a través de esta, se realiza un barrido automático en puntos fijos de la pantalla, se puede utilizar con cualquier programa, lo que hace es grabar los espacios donde se pueden realizar clic y después con una tecla se realiza el desplazamiento hasta llegar a la ubicación requerida.

HEADMOUSE, implementado por el Grupo De Investigación en Robótica de la Universidad de Lleida, es un programa gratuito diseñado para sustituir el ratón convencional, permitiendo controlar el desplazamiento del cursor con pequeños movimientos de la cabeza y realizar acciones de clic mediante gestos faciales realizados delante de una webcam. Para captar los movimientos se utilizan técnicas como reconocimiento facial, dispositivos de infrarrojos o de ultrasonidos. El objetivo de este proyecto es proporcionar un mecanismo de interacción alternativo y de bajo coste para personas con movilidad reducida o problemas de apuntamiento que no puedan utilizar un ratón ordinario.

2.2 Bases Teórico Científicas

2.2.1. Electrofisiología

En el mundo de hoy, se realizan numerosos exámenes en diversos órganos para diagnosticar diversas enfermedades o lesiones como son: Electrocardiograma, en el corazón; Electroencefalograma, del cerebro; Electrooculograma en el Ojo y muchas más. Todos estos estudios forman parte del campo de la Electrofisiología que se encarga de captar las propiedades eléctricas de células y/o tejidos biológicos. Comprende diversas técnicas cuya herramienta principal son los electrodos.

- **Electromiografía (EMG)**

La Miografía, según la Real Academia Española (2001), es una parte de la anatomía que se encarga del estudio de los músculos. Se han propuesto métodos cualitativos y cuantitativos para la evaluación de la actividad muscular, entre los primeros se encuentra el método anatómico, y de palpación; y en los cuantitativos, la estimulación eléctrica por ejemplo.

Du Bois Reymond y Adrian y Bronky fueron los primeros en poner en práctica la EMG en los años 1849 y 1929, respectivamente. Asimismo la función que cumple la electromiografía es medir la reacción o el registro de la actividad eléctrica generada por el músculo liso o estriado que se produce en respuesta a un estímulo nervioso ya sea voluntario o no. Caballero, Duque, Caballos, Ramírez y Peláez (2002, 45) la definen como “un tren aleatorio de potenciales de acción que se registran extracelularmente”, un potencial de acción es un impulso eléctrico que describe lo que pasa cuando una neurona transmite información por el axón. Al despolarizarse las membranas celulares durante la contracción del músculo, las fibras musculares generan variaciones de voltaje que son medidas con esta técnica.

La mayor utilidad que tiene la electromiografía es conocer si el sistema nervioso periférico, es decir nervio y músculo, funcionan adecuadamente. Para realizar este procedimiento, en exámenes médicos, es necesario contar con un electrodo de aguja que se inserta a través de la piel dentro del músculo y la actividad captada se muestra en un monitor en forma de ondas.

Clasificación

De acuerdo con el protocolo de la prueba que realiza el paciente, Caballero, et al. (2002) la clasifica en:

- o EMG de Reposo, relacionada con la actividad eléctrica muscular basal.

- EMG Voluntaria, actividad eléctrica muscular al realizar una acción.
- EMG con potenciales evocados, para evaluar la integridad de la unidad motora.

De acuerdo con las Técnicas de Registro utilizadas, Gómez (2009) distingue lo siguiente:

- EMG elemental: Se utilizan electrodos de aguja que son insertados dentro del músculo.
- EMG global: Se colocan los electrodos en la piel que cubre el músculo, se capta actividad eléctrica de una masa muscular mayor. Posee aplicaciones de carácter biomecánico, rehabilitación, psicológico y neurológico.

Potencial de Acción (PA)

Cuando se aplica un estímulo a una fibra nerviosa, ésta es excitada. Transmite la señal y el PA que se genera se transmite por el axón hasta dar una respuesta o ejecutar una función. Es un cambio rápido del Potencial de la Membrana en reposo que es de -90 mV . Actúan canales de fuga, Bomba Sodio-Potasio y 1 Canal activados por voltaje para Na^+ y K^+ .

Se realiza en 3 fases:

- Reposo: La célula está polarizada, es negativa en el interior y positiva en el exterior, posee un potencial de -90 mV . Canal activados por voltaje están cerrados e impide la entrada o salida de Na^+ y K^+ .
- Despolarización: Cuando le llega un estímulo a la célula, se ve un cambio en la permeabilidad de la membrana de los iones y el potencial aumenta a -65 mV . Este es el umbral ya que se requiere que el potencial supere esta cantidad para que se desencadene el potencial de acción. Al llegar a -65 mV , los canales activados de Na^+ se abren aumentando de 500 a 5000 la permeabilidad de sodio permitiendo su pase del exterior al interior de la membrana, en consecuencia a esto, la polaridad cambia y el potencial aumenta hasta $+35\text{ mV}$, que es el pico más alto del Potencial de Acción. De este modo la célula está despolarizada.
- Repolarización: Es un periodo refractario donde la célula no recibe ningún estímulo; dado que la célula está despolarizada con un interior positivo y un exterior negativo se cierra los canales de voltaje de Na^+ y se abren los canales de K^+ induciendo su salida

de la membrana. La Bomba Sodio- Potasio es responsable de restablecer las concentraciones iniciales haciendo salir 3 moléculas de Na^+ y entrando dos moléculas de K^+ . (Palacios, Blasco, Pagués y Alfaro, 2005)

Señales electromiográficas

Entre las características principales que se han encontrado se tiene: se puede representar mediante una función de distribución Gaussiana, la amplitud pico a pico de la señal oscila entre los 0 y 10 mV y el valor medio cuadrático es de 0 a 1.5 mV. El rango de frecuencias en la que el nivel del ruido eléctrico no afecta a la señal EMG es de 0 a 500 Hz, siendo más representativo del 50 al 150 Hz. (De Luca 2002)

Al monitorearse la actividad muscular a través de estas señales se notó que el grado de contracción del músculo podría controlarse de forma mental y consciente. Poco a poco, este campo interesante se abrió paso en el mundo tecnológico y actualmente existen técnicas sEMG multicanal utilizadas para la adquisición de datos. Después de tratamientos matemáticos determinísticos y estadísticos se logra su interpretación.

Un factor importante para captar una señal de calidad y orientada a nuestro propósito es saber en qué áreas o parte del cuerpo se colocarán los electrodos.

Existen dos inconvenientes principales que se presentan en el proceso de la obtención de la señal: la relación señal-ruido, significa que la energía de las señales EMG debe ser mayor que la del ruido; y la distorsión de la señal.

Ruido Eléctrico

Existen diversos tipos de ruido que puede alterar la señal EMG (De Luca 2002):

- Ruido inherente en los componentes electrónicos: Se produce en un rango de 0 a muchos miles de Hz, por esto sólo es posible disminuirlo al comprar componentes de buena calidad, a diseñar un circuito inteligente y en la buena aplicación de técnicas de construcción.
- Ambiente
- Artefactos en movimiento: Provenientes de dos fuentes, la primera es entre la superficie del electrodo y la de la piel; la otra, originado

del movimiento del cable que conecta el electrodo con el amplificador. Oscila en el rango de 0 a 20 Hz.

- Inestabilidad de la señal: Debido a que la señal electromiográfica tiene una naturaleza estocástica, los componentes en la frecuencia de 0 a 20 Hz se ven afectados. Es necesario eliminar este ruido.

Electrodos

Dispositivos que son utilizados en la adquisición de señales biológicas ya que realizan una transferencia iónica del tejido vivo del cuerpo hacia un dispositivo electrónico para su posterior procesamiento. Existen tres tipos: de superficie, de aguja y microelectrodos. En la primera categoría tenemos (Caballero, et al. 2002):

- Electrodo Seco: Se utilizan en las aplicaciones en donde la geometría o el tamaño de los electrodos no permiten el uso de gel, hechos de aluminio, acero inoxidable o titanio.
- Electrodo de Gel: Caracterizados por el empleo de gel electrolítico como una interfaz química entre la piel y la parte metálica del electrodo. Tiene Plata o Cloruro de Plata en la superficie que permite el paso de la corriente con mayor facilidad. Son usados en más del 80% de las aplicaciones de EMG superficial porque son reutilizables, más ligeros y vienen en diferentes formas y tamaños; además minimiza el riesgo del desplazamiento del electrodo, incluso durante movimientos rápidos.

Para obtener una buena señal EMG es necesario tener en cuenta lo que manifiesta Córdova (2013):

- Localización y orientación de electrodos
- No colocarlos en o cerca del tendón del músculo.
- No colocarlos en el punto motor
- No colocarlos en los bordes exteriores de los músculos
- Orientación del electrodo con respecto a las fibras musculares

Para la adquisición de las señales EMG es necesario el uso de 3 electrodos, un electrodo de referencia y otros dos electrodos bipolares. Córdova (2013) aporta un dato importante: “El SENIAM recomienda posicionar los electrodos bipolares de tal manera que la distancia entre sus centros sea de 20 a 30mm. Cuando los electrodos bipolares se aplican en músculos relativamente pequeños de la distancia entre los electrodos no debe exceder 1/4 de la longitud de la fibra muscular”.

Metodología para la Construcción de un Electromiógrafo de 4 canales

Según Urbina y Martínez (2012) se muestra una serie de fases en las que se incluye la obtención de las señales EMG, su procesamiento y visualización.

1. Investigación sobre EMG y sus conceptos básicos

- Marco teórico
- Estado del Arte

2. Acondicionamiento y caracterización de la señal muscular

- 1 electrodo de Referencia, 2 electrodos en la zona de estudio
- Elección de Amplificadores, se requiere un Amplificador Diferencial para eliminar las señales comunes como el Ruido Ambiental
- Tratamiento de la señal en MatLab
- Simular los posibles filtros (pasa altos, pasa bajos, rechazabanda)
- Filtrado de la señal: Se determina el ancho de banda del circuito, se aplica Aproximación Antoniv y Configuración Butterworth

3. PSoC: Tratamiento de la señal

- Elegir un Microcontrolador versátil
- Desarrollar un programa: Hardware (configuración de leds y módulo digital); Software (Inicializar y controlar cada uno de los módulos)

4. Transmisión de la señal

- Emulación RS 232 sobre el bus USB para que sea utilizado como puerto COM

5. Desarrollo de la Interfaz Gráfica

- Se utiliza generalmente LabView debido a que es intuitivo, posee librerías de funciones y subrutinas

6. Pruebas y Resultado Final

Figura 1. Metodología para la Construcción de un Electromiógrafo de 4 canales

2.2.2. PARÁLISIS CEREBRAL (PC)

Autores han dado muchas definiciones de este término, pero se ha llegado a un consenso: "Término que engloba a un amplio grupo de síndromes no progresivos, con alteraciones de la postura y el movimiento, secundarios a lesiones o malformaciones del cerebro producidas durante su desarrollo." (Centro de Cirugía Especial de México 2011,429) Toda definición de PC incluye que:

- Predomina el trastorno motor, siendo persistente.
- No progresiva, sin embargo, en los primeros años de vida las lesiones pueden cambiar hasta que el cerebro madure y alcance estabilización.
- La agresión cerebral ocurre durante la maduración cerebral, puede decir antes, durante o después del nacimiento.

Además de la deficiencia motora, se pueden presentar alteraciones sensoriales, de la percepción cognición, comunicación, visión y audición, problemas en el habla, comportamiento, crisis epilépticas y de problemas musculoesqueléticos secundarios. Por ejemplo, las agnosias o defectos en la percepción es la dificultad para reconocer objetos y símbolos; apraxias, problemas visuomotores que realizar movimientos. Todas estas lesiones ocasionan que el paciente no pueda explorar la totalidad de su entorno, por tanto, la adquisición de sensaciones y percepciones se ve limitada. Perla, et al. (2012, 57) remarcan un aspecto importante con estas palabras: "Puede parecer entonces que el niño tiene afectada la percepción, alteración no necesariamente debida a causas orgánicas sino más bien a la falta de experiencia."

En la rehabilitación se debe actuar en equipo, el terapeuta no debe enfocarse sólo en la parte física, ya que las múltiples alteraciones y la pérdida de experiencias relacionadas con el aprendizaje interfieren en su desarrollo; neurólogos, ortopedas, psicólogos, logopedas, fisioterapeutas y sobre todo la familia, está comprobado que con un buen equipo de trabajo que incluya a los miembros de la familia ha habido excelentes progresos.

Factores

- Perinatal (34%): Para algunos autores un factor de riesgo que causa PC es la Asfixia perinatal, el 20% de ellos sufre de esto. Para otros, la mayoría de niños no tiene historia de sufrimiento perinatal ya que se ha demostrado que el 90% de los recién nacidos con hipoxia no desarrollaban PC. Finalmente se concluyó que no es sólo factor sino un conjunto de ellos que dan luz a mayores probabilidades de que

desarrollen este trastorno. Cuando un niño nace de forma prematura, los bebés de bajo peso tienen mayor incidencia de padecer PC.

- Prenatal (37%): Se tienen en cuenta factores maternos, de riesgo fetal y en una minoría, genéticos. El riesgo de PC aumenta con la pluralidad, es decir que los trillizos tienen mayor probabilidad que los mellizos, esto no está relacionado con el peso sino con el riesgo de un feto muerto intraútero, la transfusión fetofetal o la restricción del crecimiento intrauterino.
- Postnatal (4%): Entre las causas más frecuentes se encuentra la meningitis o las sepsis tempranas, las intoxicaciones y los traumatismos.

Clasificación

Se distinguen según estos criterios clínicos, indicados por el Centro de Cirugía Especial de México (2011):

- Espástica: La más frecuente, el 70% de pacientes la sufren, existe un incremento en el tono muscular asociado con un reflejo miotático exagerado. Se caracteriza por síntomas negativos como la debilidad muscular, disminución de la destreza en el movimiento, pérdida de la capacidad de fraccionar el movimiento y movimientos en bloque, y síntomas positivos como la exageración de los ROT y de los reflejos cutáneos. 'Disminución de la movilidad espontánea y la imposibilidad de realizar determinados tipos de movimientos.
- Variación de la inteligencia, problemas de percepción, pérdida sensorial, puede existir una pérdida de campo visual así como una pérdida en sensación de la mano., respiración pobre y las epilepsias son más comunes.
- Atetoide: Movimientos involuntarios que pueden ser incontrolables, lentos o rápidos, la inteligencia es con frecuencia buena aunque puede presentarse un retraso mental, pérdida auditiva de un tipo de frecuencia alta, personalidades extrovertidas, pueden presentarse problemas articulares del habla y problemas respiratorios.
- Atáxica: Caracterizada por un síndrome cerebeloso en que predomina la hipotonía
- Hipotónica
- Extrapiramidal

Según topografía:

- Monoplejía: Afecta sólo a una extremidad
- Diplejía: Afecta a la cuatro extremidades, pero con más fuerza en las inferiores.
- Hemiplejía: A un lado del cuerpo.
- Triplejía: A tres extremidades
- Tetraplejía: Afecta a las cuatro extremidades.
- Paraplejía: Daña a miembros inferiores.

Tratamiento

El objetivo final del tratamiento es lograr la mayor independencia posible. Desde el punto de vista motor se plantea mejorar la movilidad que incluye la asistida y el manejo del tono, el desarrollo de fuerza muscular y del equilibrio son fundamentales.

Se debe vigilar el desarrollo y crecimiento pondoestatural, atendiendo el aporte nutricional y vitamínico.

2.2.3. Interacción Persona-Ordenador

Human-Computer Interaction (HCI) o Interacción Persona-Ordenador (IPO) es la disciplina que incluye el diseño, implementación y evaluación de sistemas informáticos interactivos para el uso de seres humanos, y con el estudio de los fenómenos más importantes con los que está relacionado.

La importancia de la IPO está recogida en la norma ISO 13407, en esta se describe como un proceso de diseño de sistemas basados en ordenadores centrados en el usuario para conseguir sistemas fáciles de utilizar y de aprender. Este estándar proporciona un marco de trabajo en el que se aplican técnicas en el diseño y la evaluación del Diseño Centrado en el Usuario.

Se tiene en cuenta las características físicas de la persona, el modo en que realiza el procesamiento de la información y su forma de comunicarse; los dispositivos de entrada y de salida que conectan a la persona con este ordenador comunicados aplicando determinadas técnicas o “reglas de diálogo” que manejan diversos elementos de diseño. El esquema refleja que la tecnología no es lo único importante, sino también es imprescindible el estudio sobre la persona, por ello es necesario trabajar en el proceso de desarrollo de interfaces de usuario los aspectos psicológicos del usuario, la ergonomía del equipamiento, los aspectos sociales, temas de diseño del sistema, de diseño gráfico, de comunicación, etc.

Debido a que el sistema será utilizado por el usuario, es necesario incluirlo desde la primera fase para determinar funcionalidades, y no sólo en la implantación de él. El diseño debe de ser para todos los usuarios,

detectando particularidades y aspectos diferenciales entre ellos. (Granollers i Saltiveri 2004)

Principios del Diseño Centrado en el Usuario

- Diseño para los usuarios y sus tareas.
- Consistencia.
- Diálogo simple y natural.
- Reducción del esfuerzo mental del usuario.
- Proporcionar realimentación adecuada.
- Proporcionar mecanismos de navegación adecuados.
- Dejar que el usuario dirija la navegación.
- Presentar información clara.
- El sistema debe ser amigable.
- Reducir el número de errores.

La siguiente tabla refleja un cuadro comparativo entre el Diseño centrado en el usuario y el Diseño dirigido por la Tecnología, usada en la Ingeniería de Software en la que se utilizan modelos y técnicas como Casos de Uso y Actores.

Diseño de Sistemas centrados en el Usuario	Diseño de Sistemas dirigidos por la Tecnología
Dirigido por el usuario	Dirigido por la tecnología y desarrolladores
Enfocado por la solución	Enfocado por los componentes tecnológicos
Equipos de trabajo multidisciplinares que incluyen a usuarios, desarrolladores, clientes, expertos en usabilidad,	Contribución individualista o grupos técnicos.
Enfocado por los atributos de usabilidad: efectividad, eficiencia y satisfacción.	Enfoque principal: La arquitectura interna y tecnológica del sistema.
Calidad en el uso	Calidad del sistema, defectos del producto y de rendimiento.
Las soluciones se implementan a partir de validaciones de usuarios.	Implementación previa a cualquier validación de usabilidad.
Soluciones acordes a la comprensión del contexto de uso: Usuario, tarea y entorno.	Soluciones dirigidas por requisitos funcionales.

Tabla 1. Cuadro comparativo entre el Diseño centrado en el usuario y el Diseño dirigido por la Tecnología (Granollers i Saltiveri 2004)

Percepción

Es el proceso a través del cual asignamos un significado a los estímulos que ha recibido nuestro sistema cognitivo captados por los sistemas sensoriales. La interacción entre la persona y el ordenador ocurre cuando hay un intercambio de información entre ambas entidades. El ordenador presenta cierta información en un formato físico determinado y la persona debe captarla a través de sus sentidos para después procesarla. De la misma manera, la persona transmite cierta información al ordenador, quien la capta a través de sus sistemas de entrada.

Interfaz de Usuario

Es importante que todas las interfaces sean lo más fáciles de usar aplicando los principios del diseño universal se implementarán unas interfaces para todas las personas, sin barreras de ningún tipo que interfieran su utilización.

No todos tenemos las mismas capacidades ni aptitudes. Conceptos como ayudas técnicas, accesibilidad integral o diseño para todos son cada vez más utilizados para asegurar la independencia y participación social de las personas con movilidad o fuerza reducida, deficiencias en la visión o en la audición, dificultades para hablar u otras limitaciones funcionales. En este caso todo el proceso de diseño estará centrado en el usuario para conocer sus habilidades y brindarle una interfaz sencilla fácil de comprender y de la que se pueda aprender. (Granollers i Saltiveri, Lorés Vidal y Cañas Delgado 2011)

Usabilidad

Granollers (2004, 245) presenta la definición de Jenny Preece: "Desarrollo de sistemas fáciles de usar y aprender"; y la ISO/IEC 9126 (2001) refiere: "La capacidad que tiene un producto software para ser atractivo, entendido, aprendido, usado por el usuario cuando es utilizado bajo unas condiciones específicas"

Cuando usamos este concepto dos términos están inmersos: aspecto funcional y cómo usan los usuarios testa funcionalidad. Facilidad de Aprendizaje, efectividad de uso y Satisfacción son los objetivos principales que debe cumplir el sistema interactivo.

Para determinar el Grado de Usabilidad se tienen en cuenta:

- Aproximación al usuario: Centrarse en los usuarios. Para desarrollar un producto usable se tiene que conocer, entender y trabajar con las

personas que representan a los usuarios actuales o potenciales del producto.

- Un amplio conocimiento del contexto de uso: Las personas utilizan los productos para incrementar su propia productividad. Así pues, un producto se considera fácil de aprender y de usar en términos del tiempo que toma el usuario para llevar a cabo su objetivo, el número de pasos que tiene que realizar para ello y el éxito que tiene en predecir la acción apropiada para llevar a cabo. Para desarrollar productos usables hay que entender los objetivos del usuario, hay que conocer los trabajos y tareas del usuario que el producto automatiza o modifica.
- El producto ha de satisfacer las necesidades del usuario y adaptarse a sus modelos mentales: Los usuarios son gente muy diversa y ocupada intentando llevar a cabo una tarea. Se va a relacionar usabilidad con productividad y calidad. El hardware y el software son las herramientas que ayudan a la gente ocupada a realizar su trabajo y a disfrutar de su ocio.
- Son los usuarios y no los diseñadores o los desarrolladores, los que determinan cuándo un producto es fácil de usar. (Nielsen y Loranger 2006)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño de investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de Investigación es Tecnológica Aplicada, se aplicó Electromiografía para apoyar en el campo de la Medicina y Terapia brindando una herramienta adicional de comunicación.

3.1.2. Hipótesis

Mediante el uso de un Sistema Computacional Controlado por Electromiografía Superficial, el paciente con Parálisis Cerebral Infantil tendrá acceso a una herramienta de comunicación.

3.1.3. Diseño de Contrastación

De tipo Aplicada, ya que se utiliza una nueva tecnología, que es la Electromiografía Superficial para mejorar las capacidades de comunicación de los pacientes con Parálisis Cerebral Infantil.

El Diseño de Contrastación de Hipótesis será pre-test y post-test: O1 X O2, Siendo:

O1	X	O2
Medición previa de la variable dependiente (Grado de Comunicación).	Implantación de la variable independiente (Software Interactivo).	Medición posterior de la variable dependiente (Grado de Comunicación).

Tabla 2. Diseño de Contrastación de Hipótesis

3.1.4. Variables

- Variable Independiente: Software Interactivo controlado por el paciente a través de un sistema electromiográfico.
- Variable Dependiente: Grado de Comunicación.

3.1.5. Indicadores

Objetivo Específico	Indicador	Definición Conceptual	Unidad de Medida	Instrumento	Definición Operacional
Minimizar la dependencia de los pacientes con PCI, respecto a sus necesidades de comunicaciones	Grado de Independencia del Paciente	Pacientes que realizan sus actividades sin ninguna ayuda permanente	Números	Reporte del Jefe de Hospitalización Índice de Barthel	-
Aumentar el tiempo de la Terapia de Lenguaje	Tiempo dedicado a realizar su terapia de lenguaje	Tiempo que el terapeuta dedica a la estimulación del habla	Horas por Semana	Reporte del Terapeuta de Lenguaje	-
Superar las limitaciones de	Cantidad de herramientas o	Cantidad de herramientas	Números	Reporte de Jefe de	-

equipos y herramientas de comunicaciones para los pacientes.	equipos especializados en comunicación	de comunicación a disposición del paciente.		Hospitalización	
--	--	---	--	-----------------	--

Tabla 3. Indicadores

3.1.6. Población y Muestra

La población es de 16 pacientes, sin embargo sólo uno cumple con las condiciones para hacer uso del Software. Se encuentra en un nivel intermedio de Rehabilitación y ha recuperado el movimiento básico de la mano, mas no puede aún hablar.

3.1.7. Métodos y Técnicas de Recolección de Datos

Técnica	Justificación	Instrumento	Elementos de la Población
Entrevista	Necesaria para poder recopilar la información necesaria de las personas indicadas en la Institución, ya sean las enfermeras o la Terapeuta.	Hoja de apuntes (Ver Anexo 1 y 2)	Enfermera Terapeuta
Observación	Permitirá observar el comportamiento del paciente, sus actividades diarias y sus habilidades	Ficha de Observación (Ver Anexo 5 y 6)	Pacientes
Análisis de Documentos	Se analizará el registro de evolución del paciente	Ficha de Observación (Ver Anexo 5 y 6)	Hoja de Observación del Terapeuta

Tabla 4. Métodos y Técnicas de Recolección de Datos

3.1.8. Técnicas de Procesamiento de Datos

- Primera Etapa:
Entrevistas con las enfermedades encargadas del área en el que se encuentran hospitalizados los pacientes y con los Terapeutas Ocupacional y de Lenguaje que tiene a cargo a estos niños para conocer sus actividades y sus capacidades.
- Segunda Etapa:
Observación del comportamiento de los pacientes y Análisis de Documentos como el registro de evolución y Hojas de Observación.
- Tercera Etapa:
Consiste en evaluar junto con el Terapeuta de Lenguaje la funcionalidad que tendrá el Software Interactivo e incluir actividades que favorezcan su desarrollo cognitivo.

3.2 Metodología

La Metodología utilizada es MPIU+a, definida en la Tesis Doctoral de Granollers (2004), busca el equilibrio entre Ingeniería de Software, Ingeniería de la Usabilidad y la Accesibilidad. Las características del modelo son:

- Organización Conceptual: Esta Metodología está constituida por fases estructuradas ordenadamente y en cada una de ellas se dan pautas a seguir durante el diseño.
- Tres pilares básicos: Se establecen interrelaciones entre las fases del modelo de ciclo de vida en cascada de Ingeniería de Software, técnicas correspondientes al Prototipado y la Evaluación.
- Usuario: Es un proceso de Diseño Centrado en el Usuario, la aprobación de la interfaz debe ser hecha por el propio usuario y no por los desarrolladores y programadores.
- Método Iterativo: Posee procesos repetitivos que permite la mejora continua del sistema de acuerdo con las necesidades del usuario.
- Sencillez
- Adaptado al modelo mental de los equipos multidisciplinares: Es necesario es que cada uno tenga la visión necesaria y precisa del sistema desde su punto de vista y concerniente a su participación durante el proceso de desarrollo.
- Flexibilidad: Fomenta la libre aplicación del mismo, el equipo de desarrollo debe considerar los propios requisitos del sistema, las particularidades de los usuarios y los resultados de las diferentes evaluaciones para decidir cuantas iteraciones deben realizarse, cómo deben hacerse y el flujo de las acciones a realizar en cada iteración.

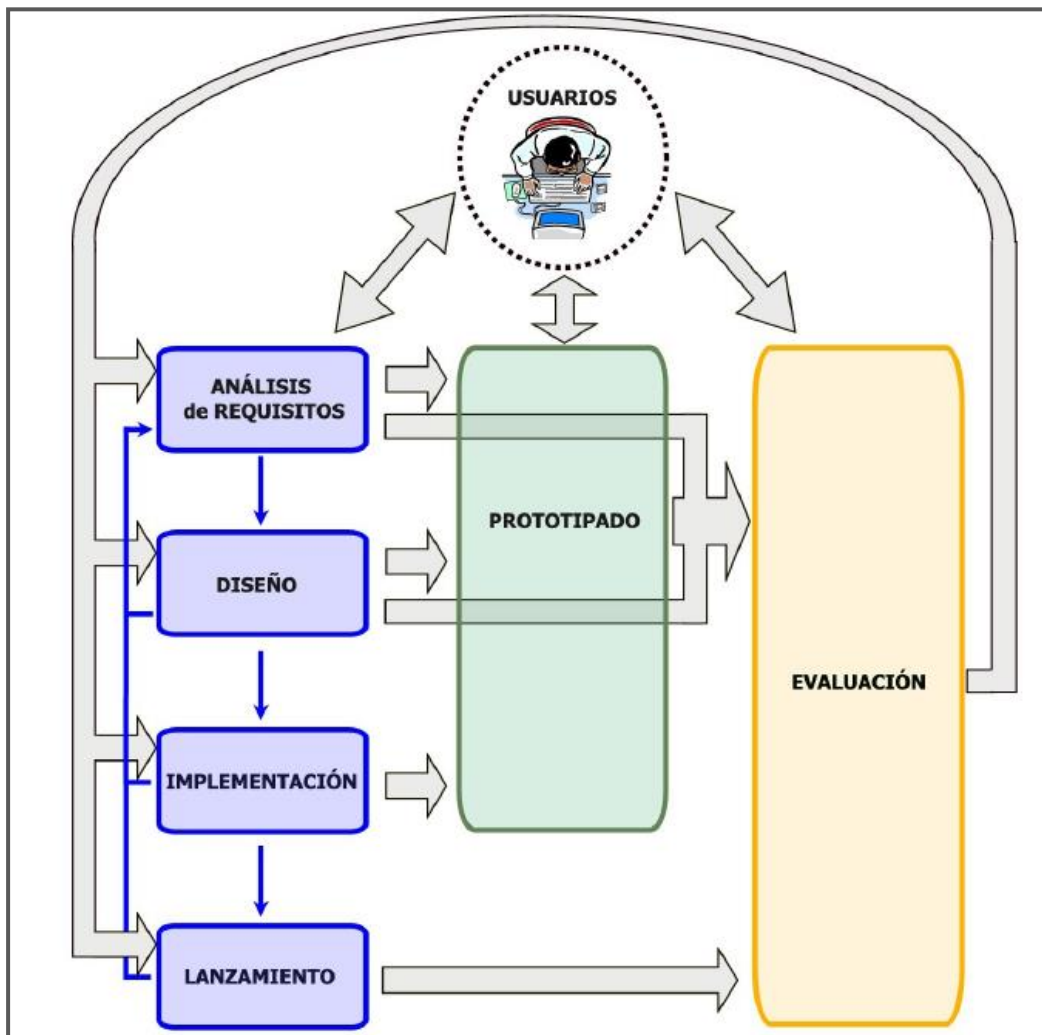


Figura 2. MPIU+a. (Granollers i Saltiveri 2004)

3.2.1. Fases

- **Prototipado**

Los prototipos son documentos, diseños o sistemas que simulan o tienen implementadas partes del sistema final con el objetivo del rediseño y mejora del mismo, útil para hacer participar al usuario en el desarrollo y poder evaluar el producto desde las primeras fases del desarrollo.

- **Evaluación**

No debe ser considerada como una fase más, sino es una actividad permanente en la Metodología en la que se realizarán diversas técnicas para recibir la realimentación necesaria por parte de los usuarios y/o evaluadores expertos. Los prototipos servirán para comprobar características y realizar cambios que mejoren el sistema. Siempre se deben tener en cuenta los criterios de usabilidad y accesibilidad. Se realiza teniendo en base a tres objetivos:

- Comprobar la extensión de la funcionalidad del sistema
- Comprobar el efecto de la interfaz de usuario
- Identificar cualquier problema específico con el sistema.

Existen diversas técnicas de evaluación y la elección depende de qué es lo que se quiere obtener y cuánto se invertirá. Aquí se presenta un Cuadro Resumen de ellas.

- **Lanzamiento**

En esta fase se debe comprobar que se ha conseguido la aceptabilidad del sistema que es producto de la combinación de la Aceptación social y Aceptabilidad Práctica.

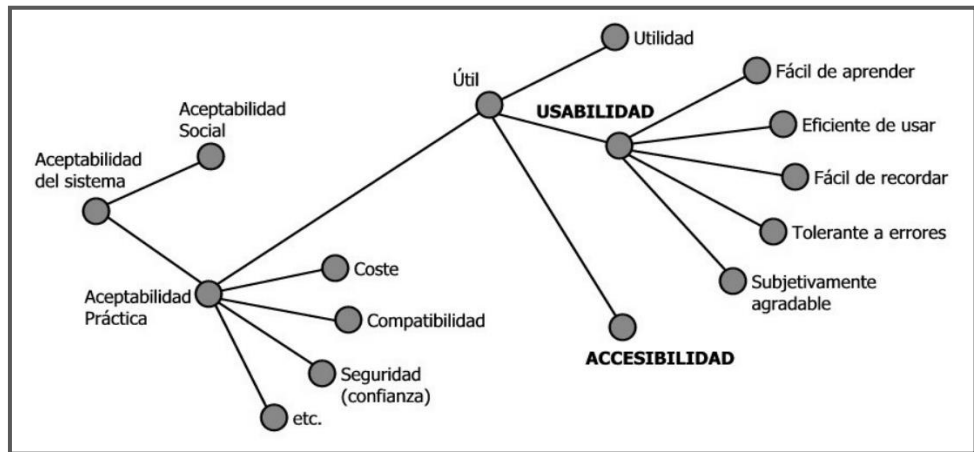


Figura 3. Criterios de Usabilidad (Granollers i Saltiveri 2004)

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de Requisitos

4.1.1. Objetivos de la Aplicación

Requerimientos Funcionales

- En el área del Terapeuta debe agregar, eliminar, modificar y/o actualizar los datos del Paciente.
- El Terapeuta puede visualizar las notificaciones que el paciente ha enviado.
- Se requiere autenticación de usuario, ya sea para el Terapeuta o el Paciente.
- El Software por el lado del Paciente constituye un Panel de Comunicación.
- El Paciente puede navegar entre 4 categorías de Información: Alimentos, Actividades, Conversación y Atención de la Enfermera.
- Las imágenes de cada formulario del Panel de Comunicación deben distribuirse a una distancia uniforme en forma de cuadrícula.
- Las imágenes deben ir acompañados del nombre escrito claramente y al hacer click en ellas se debe escuchar su pronunciación.
- Adicionalmente, al hacer click en cada imagen se debe generar un registro en la base de datos que podrá ser visualizado en un reporte por el Terapeuta.

Requerimientos No Funcionales

- La sección del software orientado al paciente debe tener una estructura sencilla en la que predomine las imágenes.
- Software ágil debido a que responde a señales electromiográficas.
- El contenido del Software será, por tanto, dinámico y deberá ser gestionado por uno o varios miembros del centro a través de una interfaz amigable.
- Las actividades que el paciente realice en el Software apoyarán al desarrollo de sus capacidades cognitivas.

- El uso del Software sea considerado un importante medio de comunicación de los pacientes.
- El Sistema completo debe ser seguro y arriesgar la salud del paciente.

4.1.2. Análisis de los Implicados

Se identificaron los siguientes implicados dentro del proyecto:

- Pacientes que sufren de PCI: Harán uso del Software como medio de comunicación y en apoyo o reforzamiento a su Terapia Ocupacional.
- Terapeuta Ocupacional: Profesional encargado de brindar las terapias a estos pacientes con contenidos seleccionados y actividades que ayudan a recuperar o reforzar sus habilidades.
- Terapeuta de Lenguaje: Profesional encargado del tratamiento para la mayoría de los niños con discapacidades del habla y aprendizaje del lenguaje.
- Familiares del paciente: Personas ligadas al paciente que velan por su recuperación y le brindan apoyo durante el proceso de Rehabilitación.
- Director: Tiene a su cargo una gran cantidad de profesionales, los dirige y asigna a las diferentes áreas de la clínica; encargado además de asegurar el correcto funcionamiento de ella y garantizar el cumplimiento de su labor.

4.1.3. Estructura y Contenidos

- Nivel público. No está restringido. Pretende ayudar mediante multimedia en el reconocimiento de objetos, escritura simple y ser una interfaz de comunicación con su enfermera o terapeuta. Podrá manifestar sus preferencias a través de hechos concretos. La Estructura está formada por un área de trabajo y botones de navegación
- Nivel privado. Este nivel es exactamente el mismo que el anterior en cuanto a contenidos, diseño y estructura. Se accede con el nombre del usuario y la clave del Terapeuta. La particularidad radica en que todos los ítems de la parte dinámica van acompañados de tres enlaces nuevos que no aparecían en los otros niveles: "Añadir nuevo", "Modificar" y "Borrar". A través de estos enlaces se permite al Terapeuta actualizar los contenidos a la vez que comprobar cuál es el resultado de esta actualización tal y como lo verán los usuarios.

- Nivel de administración. Orientado principalmente a la gestión de Terapeutas y modificación de Datos.

4.1.4. Objetivos de Usabilidad

Tras analizar los requisitos junto con los implicados se determinaron los siguientes objetivos de usabilidad:

- Interfaz intuitiva: Debido a que el Software está orientado al paciente que sufre de PCI, la interfaz debe ser sencilla y amigable; a la vez el diseño debe ser atractivo.
- Facilidad de Navegación: La navegación a través de la aplicación debe ser sencilla para que el Terapeuta con poca experiencia pueda administrar los contenidos.
- Consistencia: La interfaz de administración es idéntica a la de los usuarios socios para ver en todo momento cuál será el resultado de su actualización.
- Seguro: Las tarjetas electrónicas intermediarias no deben suponer ningún riesgo para el paciente.
- Fácil Aprendizaje

4.1.5. Roles y Perfiles de Usuario

- **Terapeuta**, dispone de una serie de capacidades funcionales que le otorgan la posibilidad de gestionar la parte dinámica del sitio, ingresar, modificar y eliminar contenido de acuerdo con la evolución del paciente. Además, se encarga de gestionar los usuarios en el rol de Paciente.
- **Paciente**, corresponden a este rol todas aquellas personas pertenecientes al Hogar Clínica San Juan de Dios que sufren de PCI, reciben Terapia Ocupacional o de Lenguaje y han recuperado algún movimiento en los músculos del brazo. Accederán y harán uso del Software. En este rol se trabaja en un usuario registrado por la Terapeuta y el completo control sobre el panel de comunicación.

4.1.6. Modelo de Análisis

- Diagrama de Casos de Uso

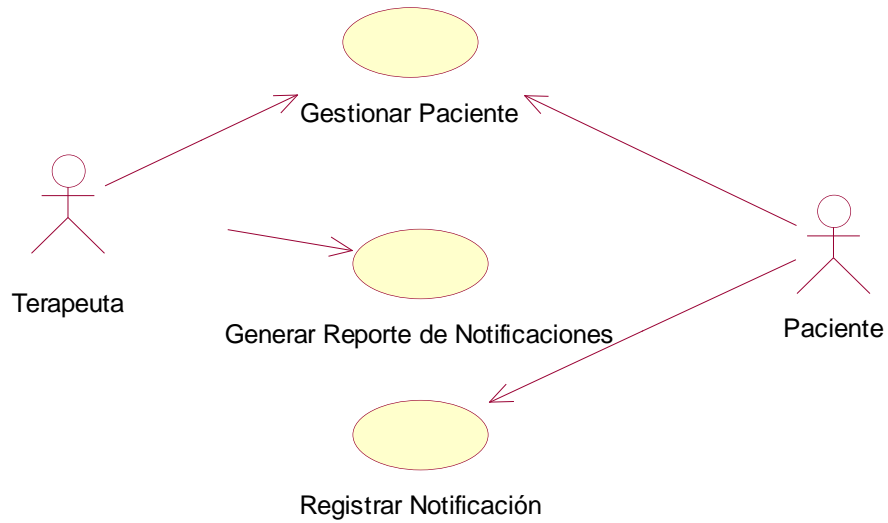


Figura 4. Diagrama de Casos de Uso

- Diagrama de Realización de Casos de Uso de Análisis

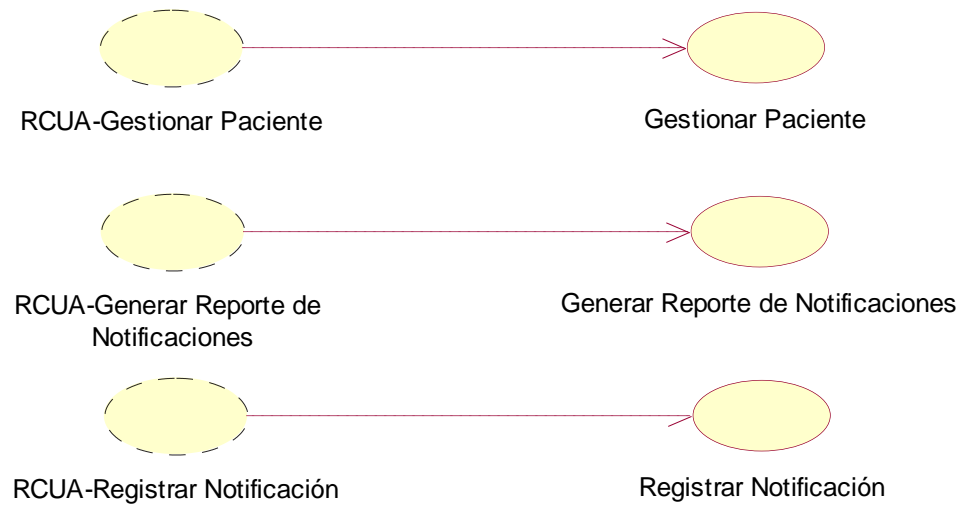


Figura 5. Diagrama de Realización de CU de Análisis

- Diagrama de Clases de Análisis Parciales

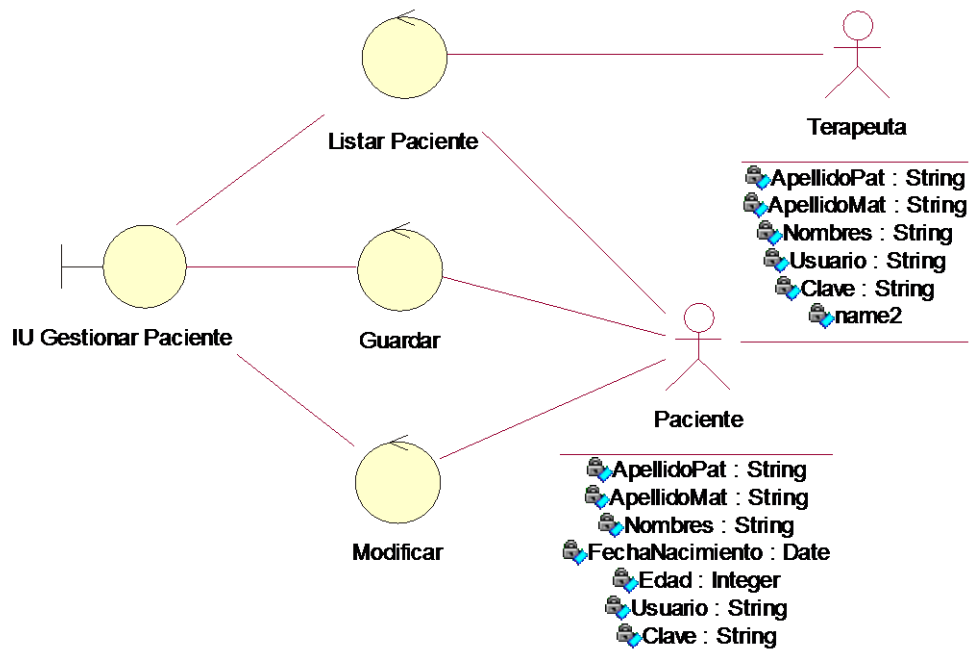


Figura 6. Gestionar Paciente

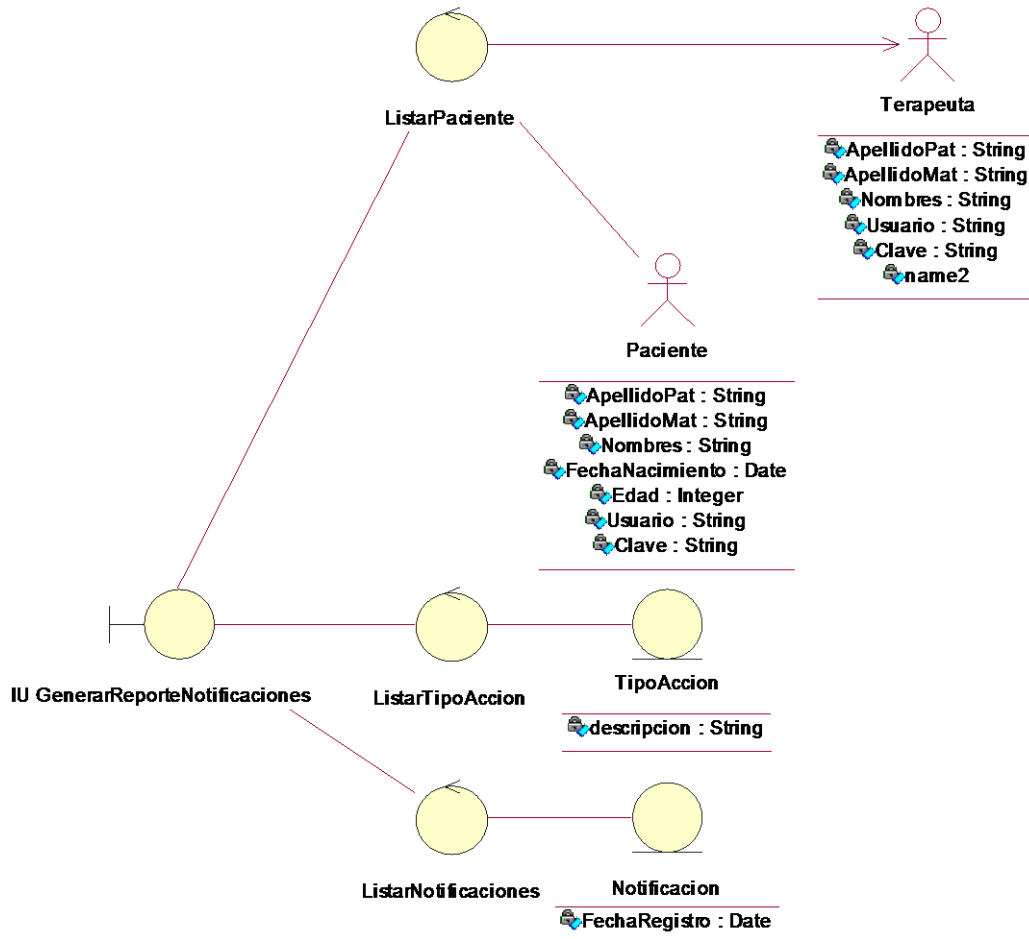


Figura 7. GenerarReporteNotificaciones

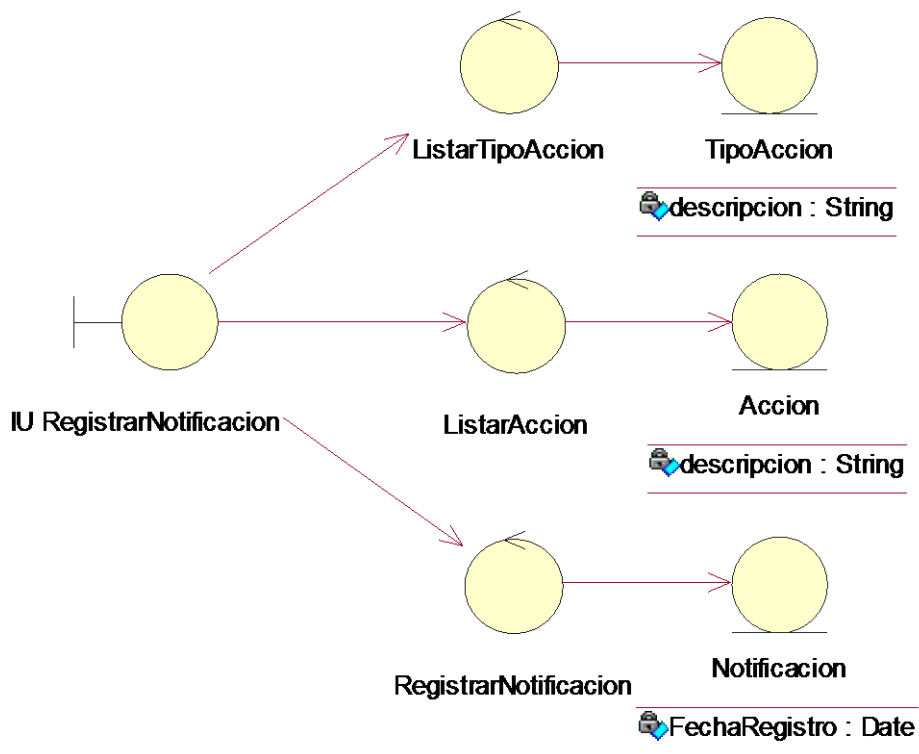


Figura 8. RegistrarNotificación

- Diagrama de Clases de Análisis General

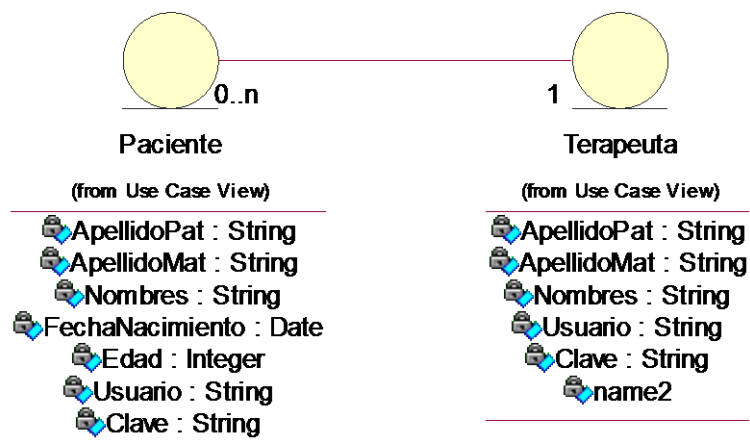


Figura 9. IU Gestionar Paciente

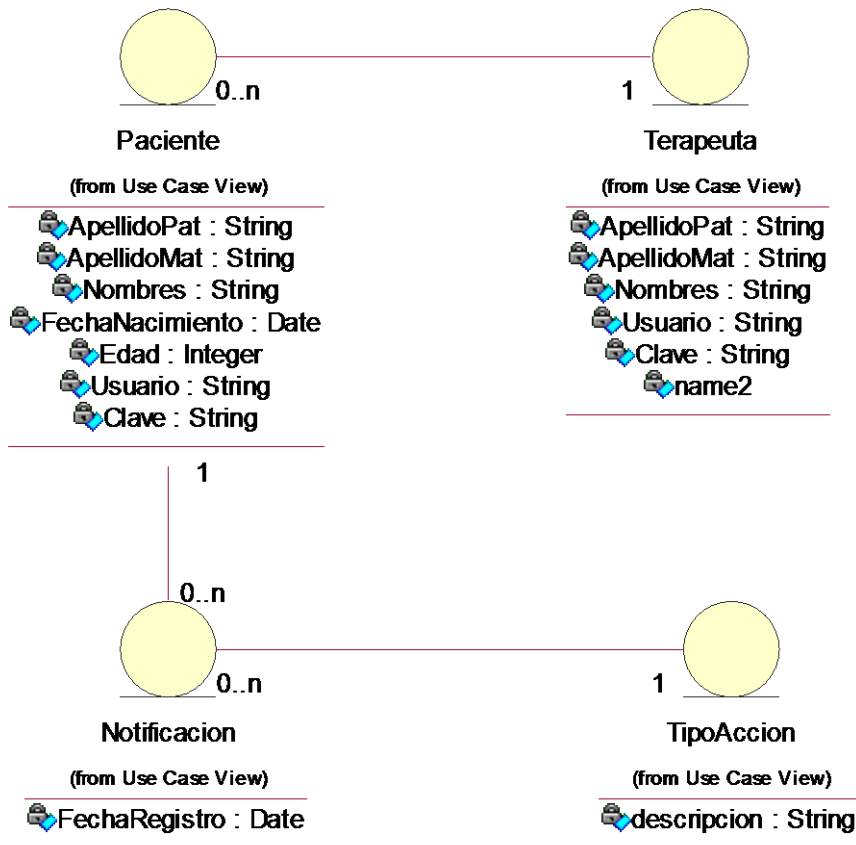


Figura 10. IU GenerarReporteNotificaciones

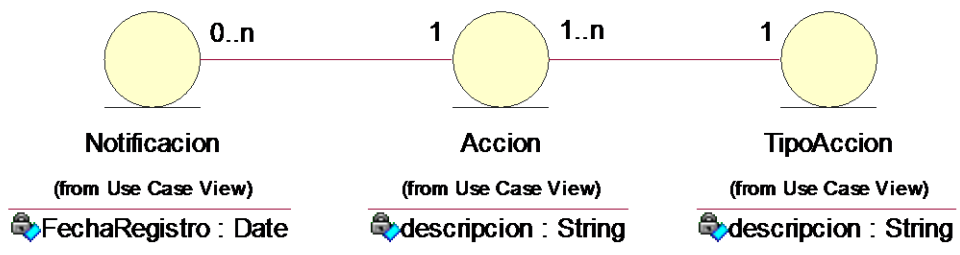


Figura 11. IU RegistrarNotificación

4.1.7. Plataforma

- a) Hardware
 - 1 Shield EKG-EMG
 - 3 Electrodo
 - 1 Arduino UNO
 - 1 Arduino Ethernet Shield
 - 1 Cable stereo para Electrodo

- b) Sistemas Operativos
 - Windows 7

- c) Software
 - Arduino IDE 1.0.5
 - Visual Studio Express 2010
 - FreeHC
 - PostgreSQL
 - Minitab 15

En resumen, se utilizarán 1 computadora de escritorio, en la que se instalará el Software. La programación se realizará en Visual Studio .Net en el lenguaje c#.net la cual se comunicará a través del puerto Serial con las tarjetas Arduino UNO.

Detalle de Requerimientos:

Para la Adquisición de la Señal Eléctrica del Músculo es necesario tener una Tarjeta Electromiográfica, Electrodo Pasivos y un Cable de Audio:

- **EKG-EMG Shield**
 - Amplifica la señal obtenida y aplica filtros básicos.

 - Cabezales apilables hasta 6 canales que pueden ser conectados a las entradas análogas desde A0-A6.

 - Generación de la señal de calibración mediante las salidas digitales D4/D9.

 - Potenciómetro trimmer muy preciso para calibración (todas las tarjetas se embarcan completamente ensambladas, testeadas y calibradas por lo que no es necesario que realices este proceso a no ser que quieras ver su funcionamiento).

 - Conector de entrada para electrodo normales o activos.

 - Funciona con ambas tarjetas Arduino de 3.3V o 5V.

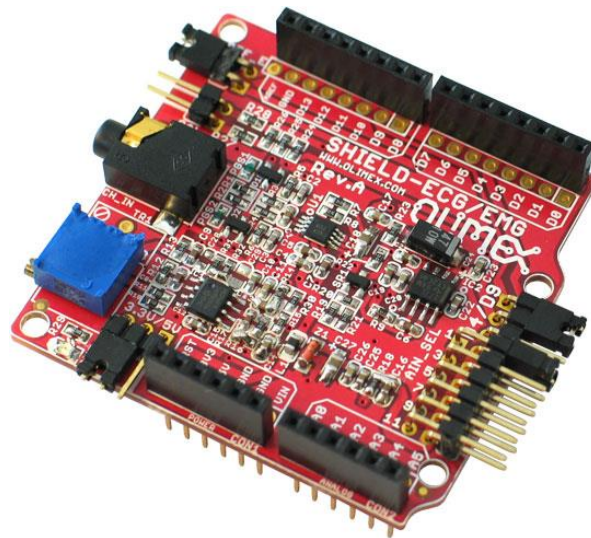


Figura 12. Tarjeta EKG-EMG SHIELD

- **Cable para EMG**

Medio que conecta los Electrodo con la Tarjeta EMG, es un cable de audio con malla compuesto, en un extremo por un plug estéreo de metal, y por el otro, por tres conectores cocodrilo de tamaño M.



Figura 13. Cable para EMG

- **Electrodo Pasivo**

Por cada canal usado en la Tarjeta EMG, es necesario tener 3 electrodos: Positivo, Negativo y Tierra. Los electrodos se encuentran ubicados en el Antebrazo. A través de estos se obtendrá las señales eléctricas surgidas en cada movimiento.



Figura 14. Electrodo Pasivo

- **Sistema EMG**

Como salida de la EMG-EKG Shield, se obtiene la señal amplificada en forma analógica, para su utilización en la PC se requiere que se someta a una conversión, que transformará una señal analógica de voltaje en una señal digital. Se requiere:

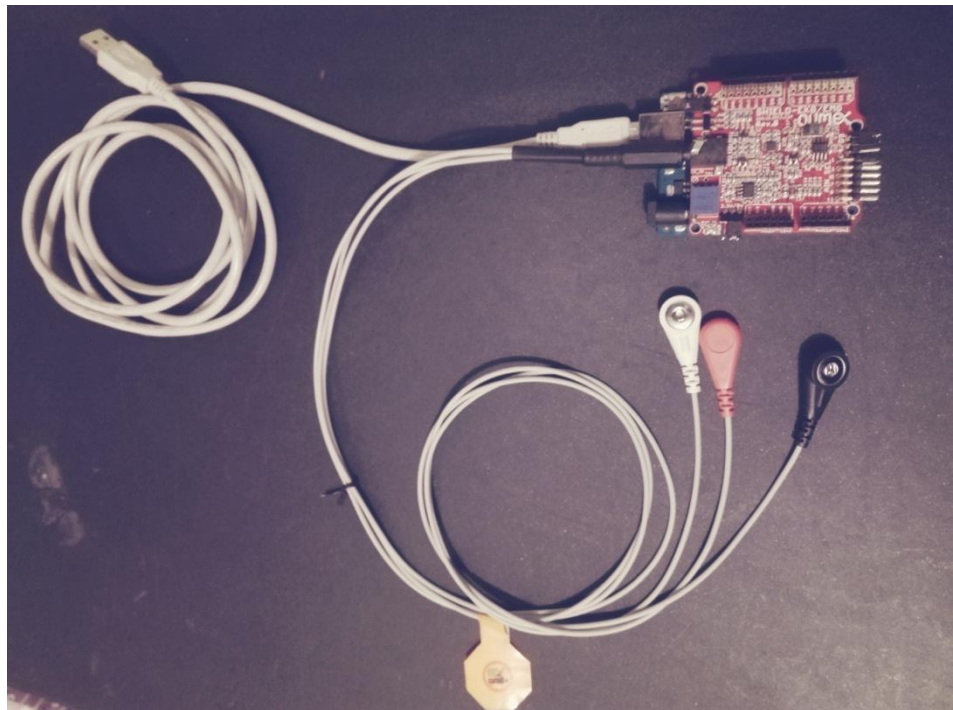


Figura 15. Sistema EMG

- **Tarjeta Arduino UNO**

Utiliza el microcontrolador ATmega328, utiliza el ATmega16U2 para el manejo de USB. Permite ratios de transferencia rápidos y mayor cantidad de memoria. No se necesitan drivers para Linux o Mac. Añade pins SDA y SCL cercanos al AREF, hay dos nuevos pines cerca del pin RESET. Uno es el IOREF, que permite a los shields adaptarse al voltaje brindado por la tarjeta. El otro pin no se encuentra conectado y está reservado para propósitos futuros. La tarjeta trabaja con todos los shields existentes y podrá adaptarse con los nuevos shields utilizando esos pines adicionales.



Figura 16. Tarjeta Arduino UNO

El Arduino es una plataforma computacional física open-source basada en una simple tarjeta de I/O y un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring. El Arduino Uno puede ser utilizado para desarrollar objetos interactivos o puede ser conectado a software de la PC. El IDE open-source puede ser descargado gratuitamente.

- **Cable de Impresora USB**

Están hechos con dos conectores y tienen velocidades de transferencia muy rápidas, de hasta 480 Mbps. Además de su velocidad, son baratas y generalmente cuestan entre U\$5 y U\$20 o más, dependiendo de la calidad del cable. Los cables USB dorados se consideran los mejores para la conectividad y transferencia.



Figura 17. Cable de Impresora USB

- **Arduino IDE**
La configuración de las Tarjetas está realizada en Arduino IDE 1.0.5.
- **Visual Studio 2010**
La visualización de la Señal EMG, la extracción de Características, la Clasificación en patrones y el Software de Comunicación está escrito en el lenguaje C# .net en Visual Studio 2010.

4.1.8. Descripción del entorno

La configuración tecnológica del proyecto la forman los siguientes componentes:

- Un ordenador, utilizado por el usuario de la aplicación (Paciente, Terapeuta) Desde éste puede ingresar al sistema y gestionar todos los recursos multimedia necesarios.
- Otro ordenador realiza las funciones de servidor de BD. En él se almacena el material multimedia incorporado por el Terapeuta.
- Tarjetas Electrónicas, donde se capturan las señales que se utilizarán como patrones de navegabilidad para el Rol de Paciente.

4.1.9. Estilos de interacción

Dadas las características del entorno de trabajo y de los diferentes perfiles de usuario. La multimodalidad se ofrece mediante:

- El uso de los músculos de la garganta sin emitir sonido, a través de los electrodos y tarjetas electrónicas como son Arduino UNO, Arduino Ethernet Shield y Shield EKG-EMG.
- El uso del mouse y teclado serán una alternativa orientada específicamente a la Gestión de Administrador y Terapeuta.

4.1.10. Factibilidad Económica

Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Total
Case Sistema EMG	Unidad	1	50	50
Electrodos 3M	Paquete x 50	1	50	50.00
Cable EMG	Unidad	2	36	72.00
Tarjeta Arduino UNO R3	Unidad	1	75	75.00
Tarjeta EMG-EKG Shield	Unidad	2	75	150.00
Total Hardware				397.00

La inversión total es de S/.397.00 en cuanto al Hardware ya que se está utilizando un Hardware libre; en Colombia el Hardware de un Sistema Electromiográfico empleando electrodos superficiales está costando S/. 3197,00 y si se adiciona el Software el precio aumenta en S/. 1500.

4.2 Diseño

4.2.1. Estilo Gráfico

Debido a que se identificaron dos perfiles de usuario, para el Perfil de Paciente el Diseño Gráfico estará basado en la simplicidad y a la vez será lúdico, con colores llamativos, y creativo. Se utilizará principalmente Videos, Imágenes y Botones para facilitar la comprensión del Paciente. En el Panel Principal, las funciones que el paciente puede realizar están divididas en base a una cuadrícula con su respectivo ícono. Los íconos serán parte importante del Software y estarán orientados al paciente. Las Actividades que puedan realizar se organizarán en forma de Menú.

Para el caso del Terapeuta, es más importante la Funcionalidad que el Diseño, consistirá en formularios simples para gestión y la asignación de Actividades será interactiva.

4.2.2. Análisis de la Metáfora

Como resultado de entrevistas con los Terapeutas se llegó a la conclusión que los íconos deben ser simples y coloridos para captar la atención del paciente:

- Terapeuta: Dibujo de una enfermera o enfermero.
- Salir: Botón de cerrar similar al de una pantalla de televisión.
- Paciente: Dibujo pequeño de una persona.
- Imagen: Un recuadro con una imagen.
- Vídeo: Una cinta de vídeo.
- Tema: Imagen de un libro.
- Actividad: Imagen de un lápiz.
- Ir al baño: Imagen de un inodoro.

- Tengo sed: Persona con un vaso de agua.
- Tengo hambre: Persona con una fruta.
- Tengo frío: Persona temblando.
- Tengo calor: Persona con cara de color roja.
- Estoy incómodo: Persona incómoda.
- Estados de ánimos: Expresiones de caras.

4.2.3. Modelo de Diseño

- Diagrama de Casos de Uso de Diseño

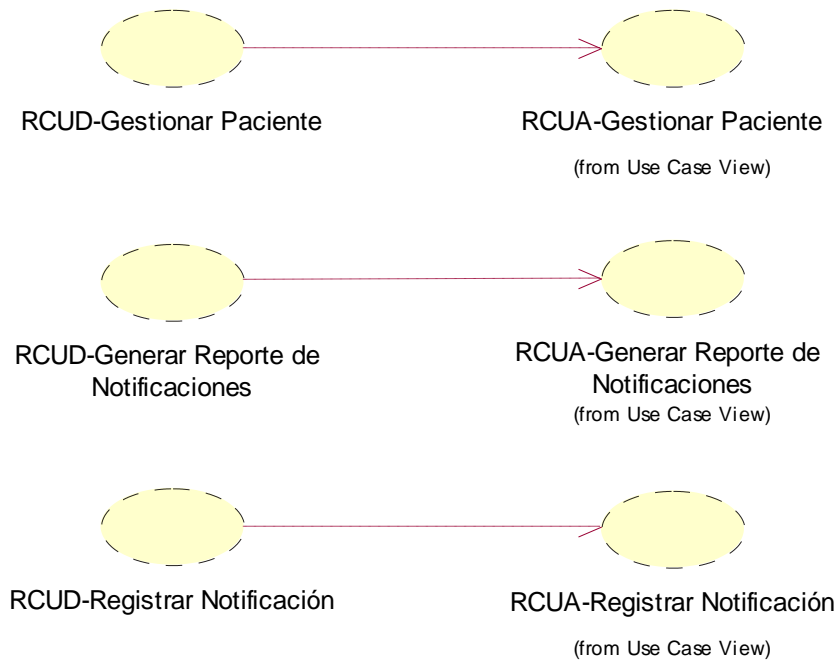


Figura 18. Diagrama de Casos de Uso de Diseño

- Diagrama de Clases de Diseño

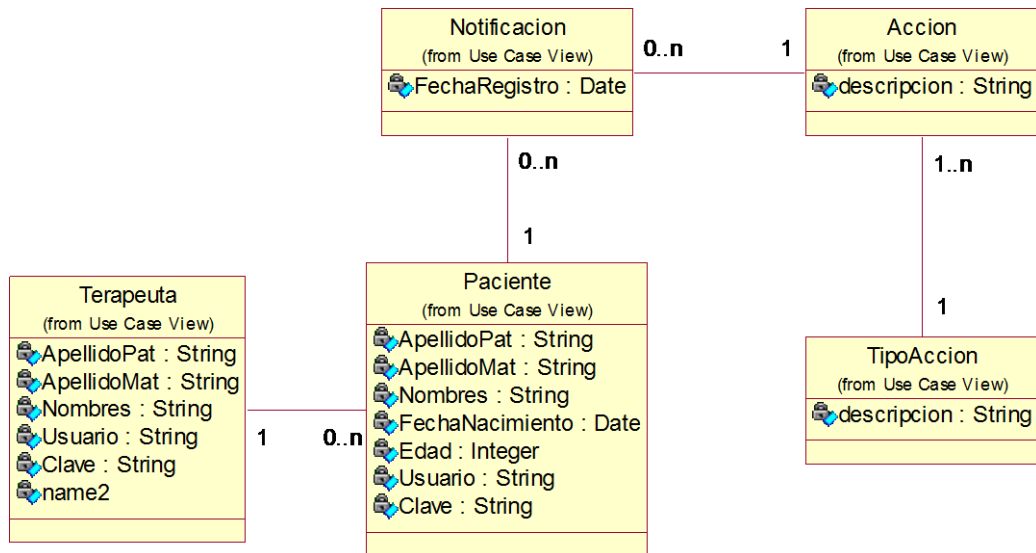


Figura 19. Diagrama de Clases de Diseño

- Diseño de la Base de Datos

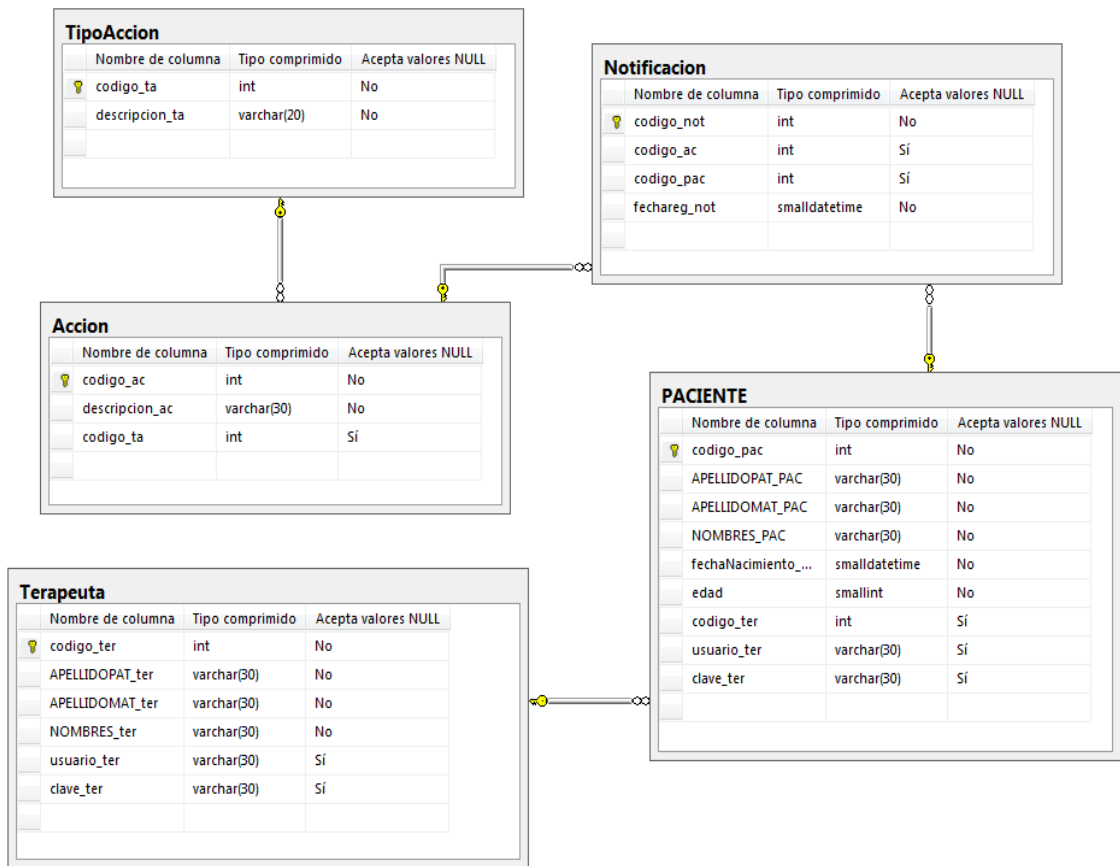


Figura 20. Modelo Relacional de la BD

4.3 Desarrollo

4.3.1. Adquisición de la Señal

Se colocaron 3 electrodos en el Antebrazo ubicados como se muestra en la Fig.:

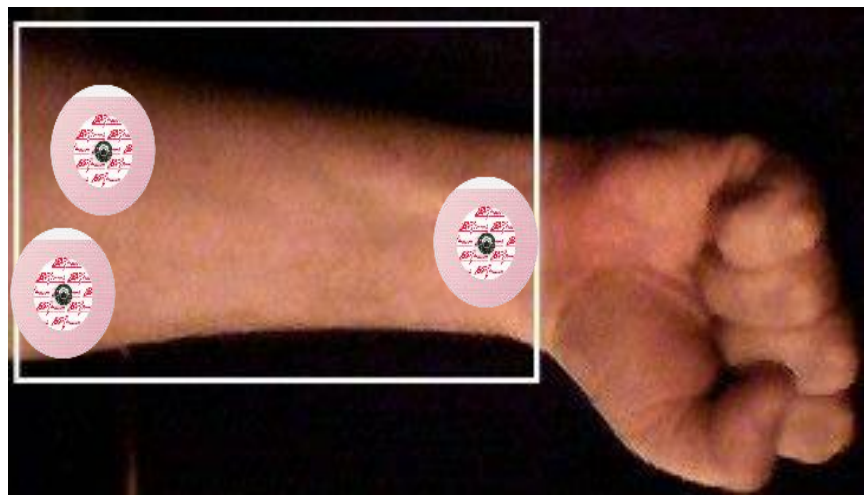


Figura 21. Adquisición de la Señal

La Tarjeta EMG se ubica sobre la entrada analógica de la Tarjeta Arduino UNO:

Se implantó la configuración en la Tarjeta Arduino UNO. (Anexo 1) A través de esta se realiza la conversión Analógico-Digital que se escribirá en el Puerto Serial.

A través de Visual Studio 2010 se escribió el **SOFTWARE SIGMA** en C#.Net basado en un código ya existente en Internet.

El Procesamiento Digital de la Señal se realiza a través de la Transformada Discreta de Fourier (DFT) utilizando el Algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier. La entrada de la DFT es una secuencia finita de números reales o complejos, de modo que es ideal para procesar información almacenada en soportes digitales. La señal consta de 512 muestras, pudiendo ser una cantidad de 2^n .

Filtro Butterworth

La señal pura adquirida muestra gran cantidad de ruido y los cambios producidos por un movimiento no son notados en claridad, debido a esto se requiere aplicar filtros.

$|H(j\omega)| = \frac{K_{pb}}{\sqrt{1+(\frac{\omega}{\omega_c})^{2n}}}$ Es un filtro básico que brinda una respuesta más

plana en la banda de paso y caída aguda en la frecuencia de corte a razón de $20n$ (dB/dec), donde n es el orden. La función de transferencia del filtro en función de la ganancia K_{pb} a $\omega = 0$, la frecuencia de corte y el orden de filtro n es:

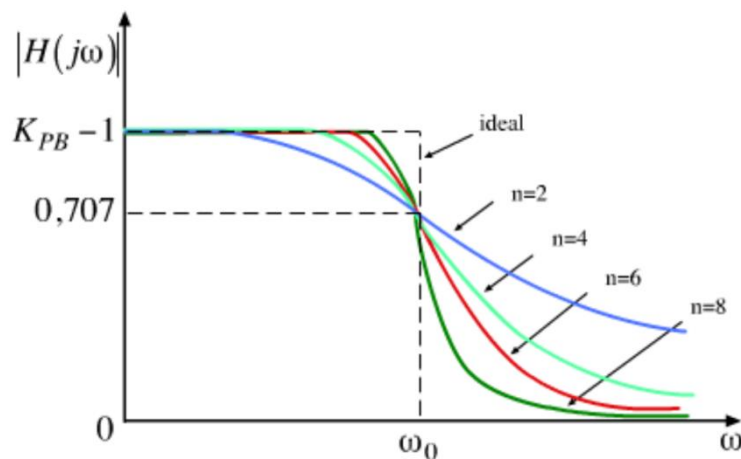


Figura 22. Filtro Butterworth

A mayor orden de filtro la aproximación a la respuesta ideal es mayor.

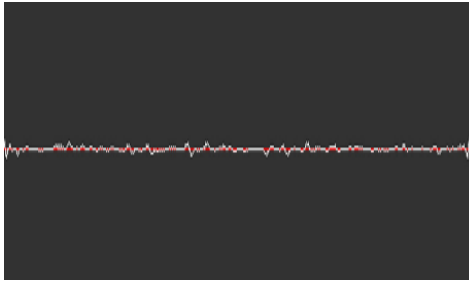
El filtro aplicado en **SIGMA** es de orden 1 y está compuesto por Pasa Alto y Pasa Bajo con valores de 15 y 170 respectivamente, esto ha sido configurado después de pruebas con la señal adquirida, por tanto este

rango es el que da con mayor precisión la señal y menor cantidad de interferencia. (Anexo N° 2)

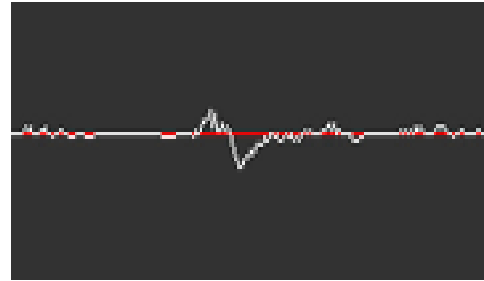
4.3.2. Extracción de Características

Los movimientos elegidos son: Abertura de la Mano (Reposo), Toque del pulgar con el índice, Flexión de Dedo Medio y Cierre de la Mano.

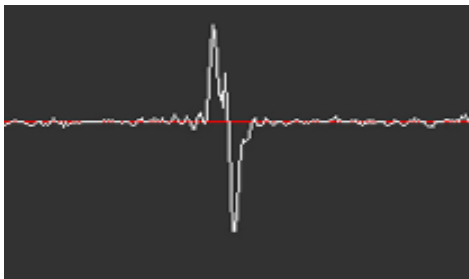
Reposo



Pulgar



Medio



Cierre

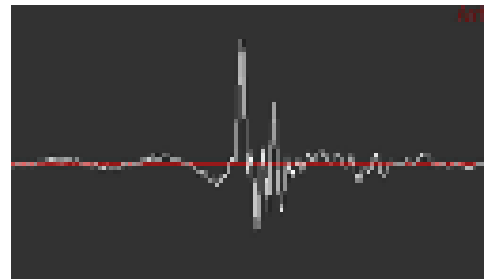


Figura 23. Señales de los Movimientos de la Mano

Las características extraídas están basadas en estadísticos temporales por cada segmento de tiempo para crear un conjunto de características que representan el patrón de la señal EMGS. Entre ellas se encuentran:

– **Valor medio absoluto**

Estima el valor medio absoluto \bar{X}_i , sobre cada segmento i de N muestras de la señal, mediante la expresión:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |X_k|, i = 1, 2, \dots, N$$

Donde X_k es la $k^{\text{ésima}}$ muestra.

– **Cruces por cero**

Es una forma simple de medir la frecuencia de la señal, puede determinarse contando el número de veces que la forma de onda cruza por cero. Se requiere un umbral para reducir el número de cruces por cero inducidos por ruido, y se selecciona con respecto al

voltaje de la señal V . El contador de cruces por cero se incrementa según la comparación entre dos muestras consecutivas X_k y X_{k+1} así:

$$\begin{aligned} X_k > 0 \text{ y } X_{k+1} < 0, & o \\ X_k < 0 \text{ y } X_{k+1} > 0, & Y \\ |X_k - X_{k+1}| \geq 0,01 & (5) \end{aligned}$$

– **Cambios de signo de pendiente**

Provee otra forma de medir el contenido de frecuencia en la señal mediante el conteo del número de veces que la pendiente de la forma de onda cambia de signo. Igualmente requiere de un umbral para reducir los cambios de signo de pendiente inducidos por el ruido. El contador de cambios de signo en la pendiente se incrementa según las relaciones:

$$\begin{aligned} X_k > X_{k-1} \text{ y } X_k > X_{k+1} & o \\ X_k < X_{k-1} \text{ y } X_k < X_{k+1} & Y \\ |X_k - X_{k+1}| \geq 0,01(5) & o |X_k - X_{k-1}| \geq 0,01(5) \end{aligned}$$

– **Longitud de la Forma de Onda**

Provee información de la complejidad de la forma de onda en cada segmento, está dada por la siguiente expresión:

$$l_o = \sum_{k=1}^N |\Delta X_k|$$

$$\Delta X_k = X_k - X_{k-1}$$

El valor resultante da una medida de la amplitud de la forma de onda, su frecuencia y duración en un solo parámetro.

Se realizó un análisis previo de obtención de características en Excel, tomando del paquete de 512 datos, sólo 312 con la Señal de un movimiento específico. (Anexo N° 3)

4.3.3. Toma de Muestras

Se tomaron 5 muestras de cada movimiento del Paciente N°1:

- Reposo

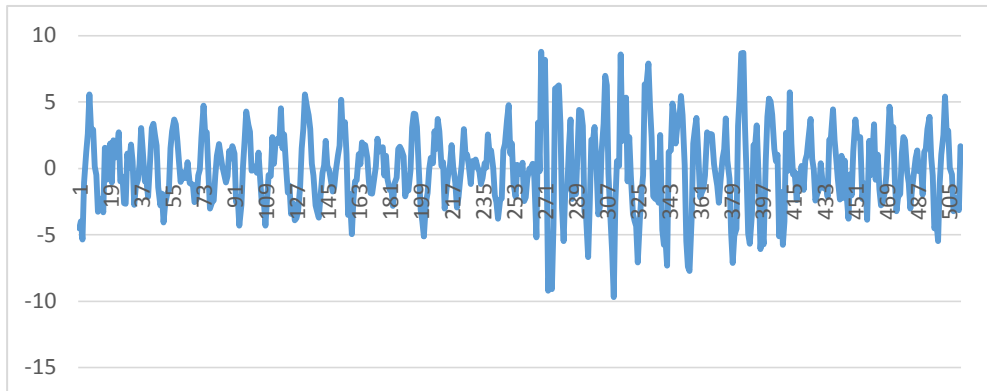


Figura 24. Señal de Reposo

- Cierre

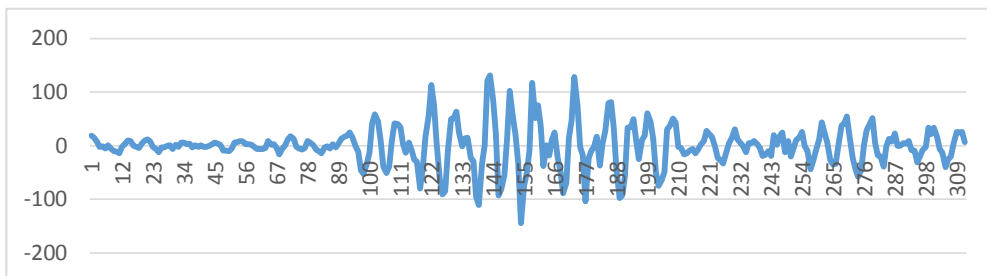


Figura 25. Muestra 1 de Señal de Cierre

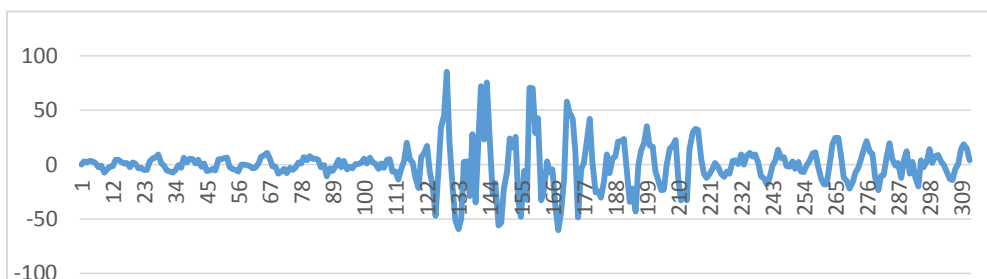


Figura 26. Muestra 2 de Señal de Cierre

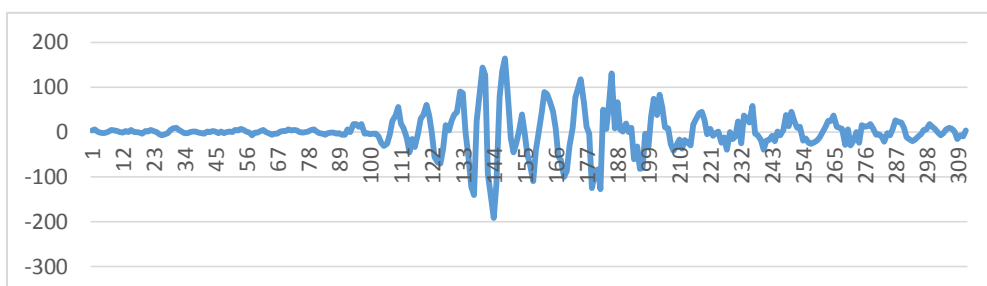


Figura 27. Muestra 3 de Señal de Cierre

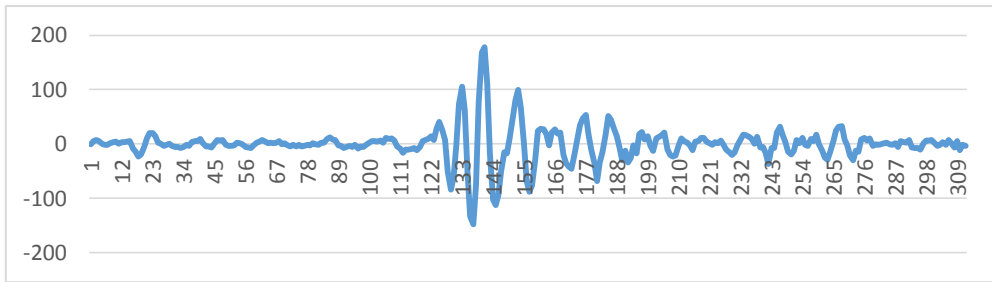


Figura 28. Muestra 4 de Señal de Cierre

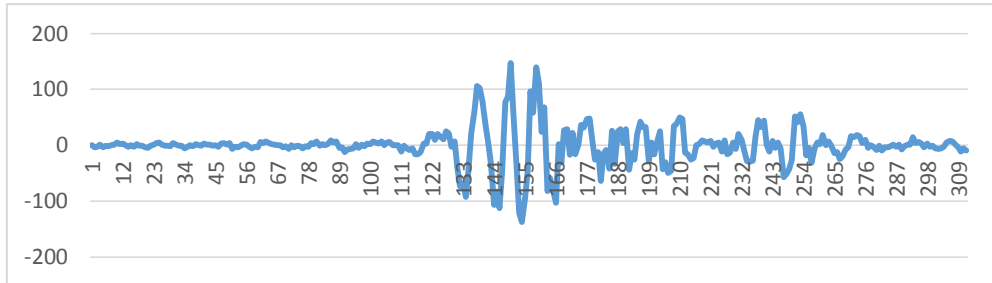


Figura 29. Muestra 5 de Señal de Cierre

• Índice – Pulgar

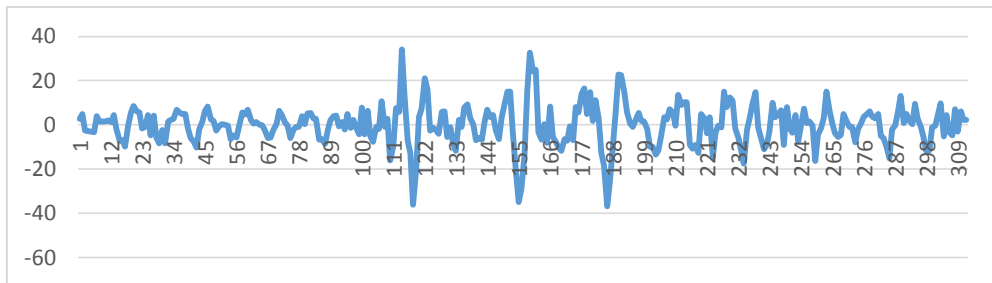


Figura 30. Muestra 1 de Señal de Índice-Pulgar

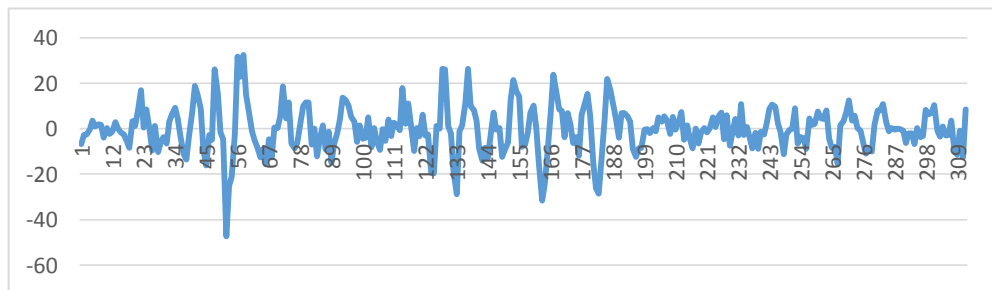


Figura 31. Muestra 2 de Señal de Índice-Pulgar

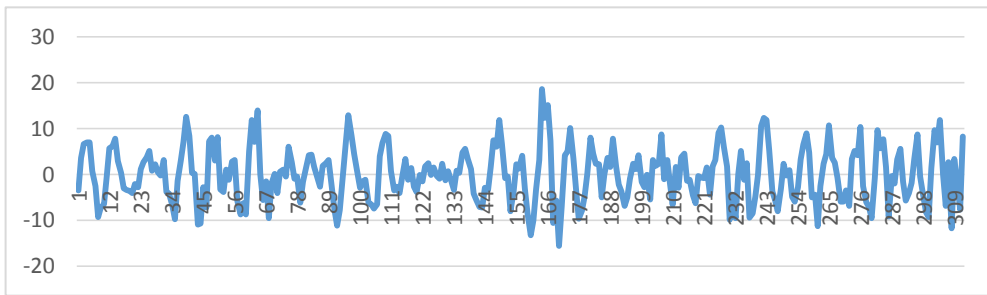


Figura 32. Muestra 3 de Señal de Índice-Pulgar

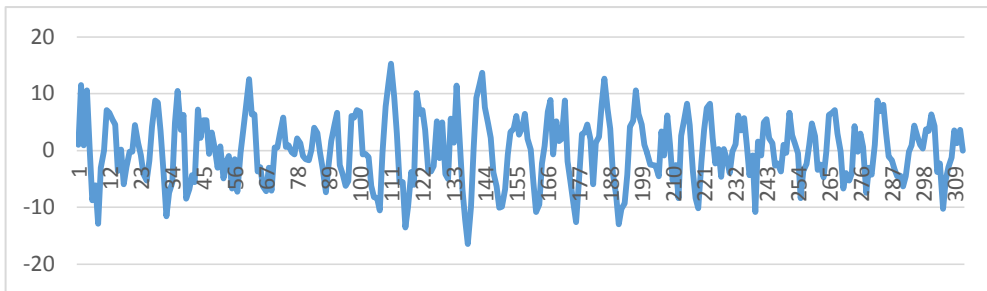


Figura 33. Muestra 4 de Señal de Índice-Pulgar

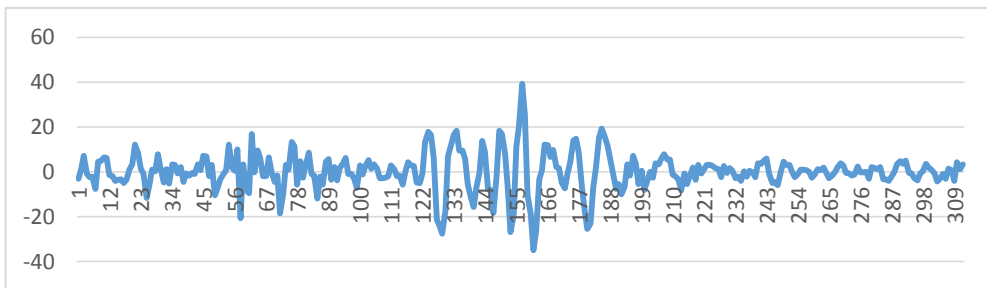


Figura 34. Muestra 5 de Señal de Índice-Pulgar

• Medio

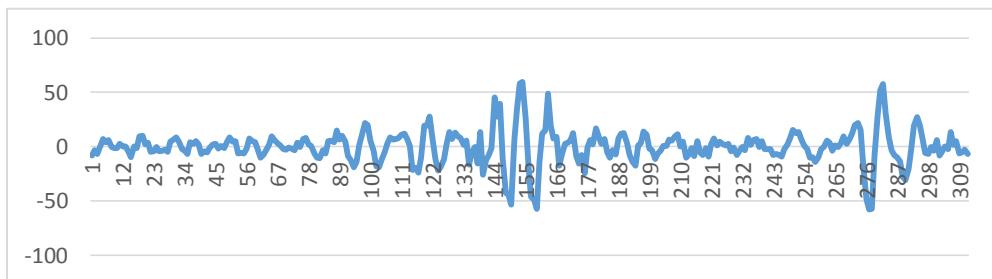


Figura 35. Muestra 1 de Señal de Índice-Pulgar



Figura 36. Muestra 2 de Señal de Índice-Pulgar

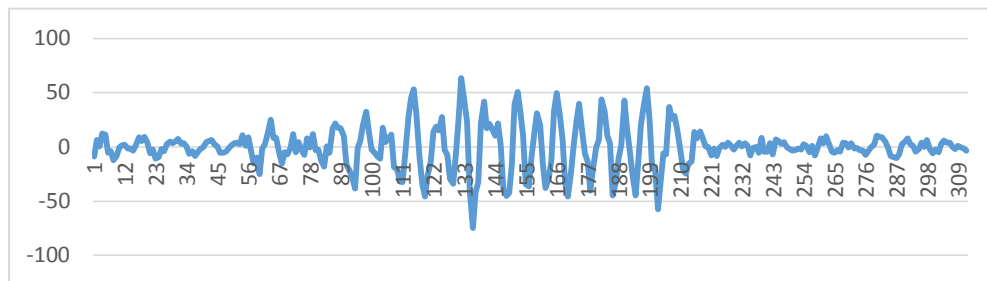


Figura 37. Muestra 3 de Señal de Índice-Pulgar

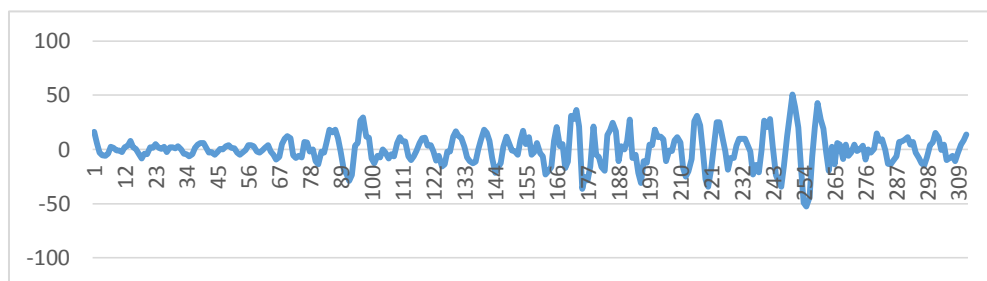


Figura 38. Muestra 4 de Señal de Índice-Pulgar

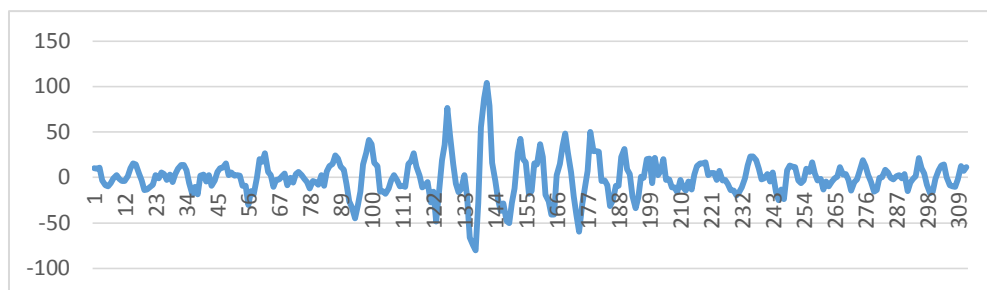


Figura 39. Muestra 5 de Señal de Índice-Pulgar

4.3.4. Reconocimiento de Patrones

Como Herramienta de Clasificación se utilizó el Análisis Determinístico Lineal basado en Estadística. Se generó un cuadro Resumen de las muestras tomadas anteriormente, de la siguiente forma:

	TIPO	CxC	MVA	CSP	LO
REPOSO	1	19	1,96	50	140
	1	27	1,6	50	133
	1	33	1,9	48	166
	1	25	1,93	50	156
	1	25	1,83	40	133
	1	32	2,43	53	220
	1	26	1,73	65	158
	1	33	2,15	62	238
	1	26	1,82	59	149
	1	29	2,73	50	259
	1	24	2,11	59	161
	1	26	1,68	41	152
	1	24	2,16	57	164
	1	29	1,93	48	208
	1	27	1,59	62	131
	1	28	1,83	51	168
	1	34	2,91	45	299
	1	26	2,3	53	187
	1	40	2,24	53	242
	1	37	2,6	56	270
	1	34	2,54	59	275
	1	35	1,67	58	165
1	36	2,41	53	265	
1	25	1,74	48	159	
1	23	1,84	52	138	
PULGAR	2	36	9,15	49	877
	2	32	9,64	57	869
	2	30	4,48	55	394
	2	23	6	38	459
	2	28	9,78	37	755
MEDIO	3	22	15,2	47	1255
	3	25	10,1	50	880
	3	24	24,9	33	2087
	3	25	24,8	42	1794
	3	22	21,8	45	1673

CIERRE	4	30	46,1	33	3996
	4	21	53,7	40	4221
	4	26	38,7	61	3187
	4	19	36,7	42	2549

Tabla 5. Resumen utilizado para el Reconocimiento de Patrones

Donde **CxC** = Cruces por Cero
MVA = Medio del Valor Absoluto
CSP = Cambio de Signo de Pendiente
LO = Longitud de Forma de Onda

En Minitab 15, se procesan estos datos obteniendo lo siguiente como resultado de un Análisis de Regresión Múltiple:

Análisis de regresión: Tipo vs. CxC; MVA; CSP; LONG

La ecuación de regresión es

$$\text{Tipo} = 1,02 - 0,0159 \text{ CxC} + 0,121 \text{ MVA} + 0,00349 \text{ CSP} + 0,000804 \text{ LO}$$

Predictor	Coef	Coef. de EE	T	P
Constante	1,0185	0,4949	2,06	0,044
CxC	-0,015860	0,003105	-5,11	0,000
MVA	0,12122	0,06135	1,98	0,053
CSP	0,003491	0,001502	2,32	0,024
LO	0,0008038	0,0002712	2,96	0,004

S = 0,220419 R-cuad. = 92,8% R-cuad.(ajustado) = 92,2%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	4	34,3112	8,5778	176,55	0,000
Error residual	55	2,6722	0,0486		
Total	59	36,9833			

Fuente	GL	SC sec.
CxC	1	21,1579
MVA	1	12,1064
CSP	1	0,6201
LO	1	0,4268

A raíz de este Resultado se muestran los Coeficientes parciales de Regresión y el Intercepto, necesarios para el Reconocimiento de Patrones.

Tipo

$$= -1,015860(\text{CxC}) + 0,12122(\text{MVA}) + 0,003491(\text{Csp}) + 0,0008038(\text{LO}) + 1,0185$$

El R-Cuad es de 92.8% que indica que este porcentaje de los datos es explicado por esta fórmula. Es un buen porcentaje de acierto, por tanto estos cálculos para la Extracción de características se incrustan en el código en C# .Net

4.3.5. Movimiento Del Mouse

Para el Movimiento del Mouse se utiliza una Variable Entera basada en el Resultado de la Fórmula Anterior de Regresión. Se utiliza **Cursor.Position** para obtener las coordenadas del Mouse y para establecerlas se le asigna un nuevo **Point(x,y)** (Anexo N° 4)

La distancia que se mueve el Mouse es diferente en cada interfaz debido a que se debe navegar solamente por las imágenes del Panel.

4.4 Prototipado

- Versión 1



Figura 40. Prototipo Bienvenidos



Figura 41. Panel del Terapeuta

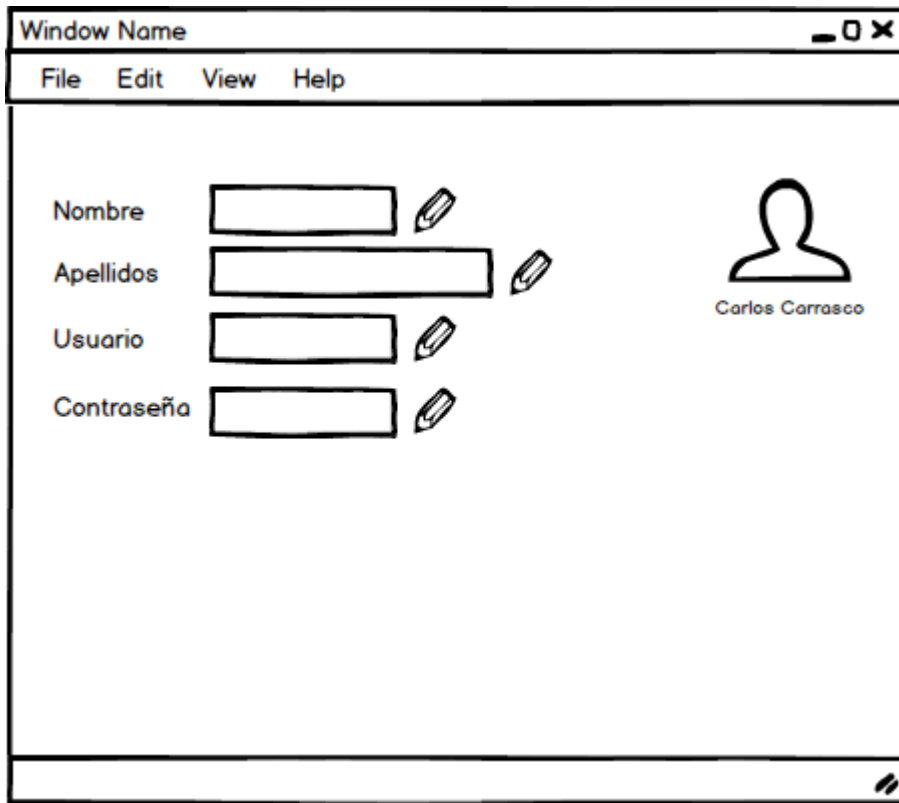


Figura 42. Prototipo Perfil Terapeuta

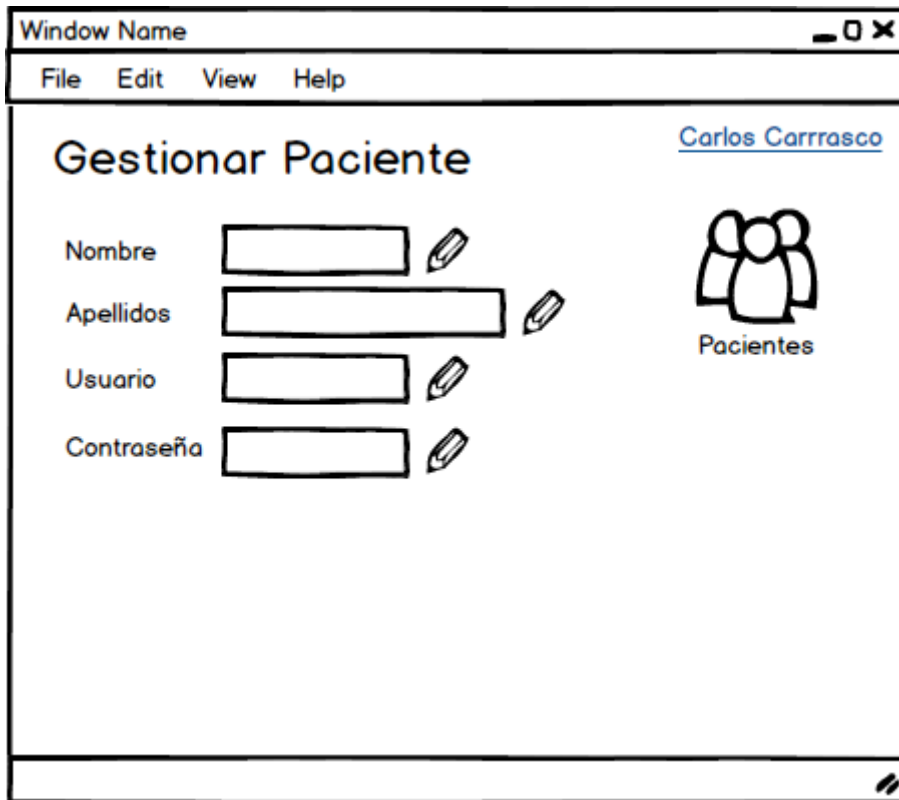


Figura 43. Prototipo Gestionar Paciente

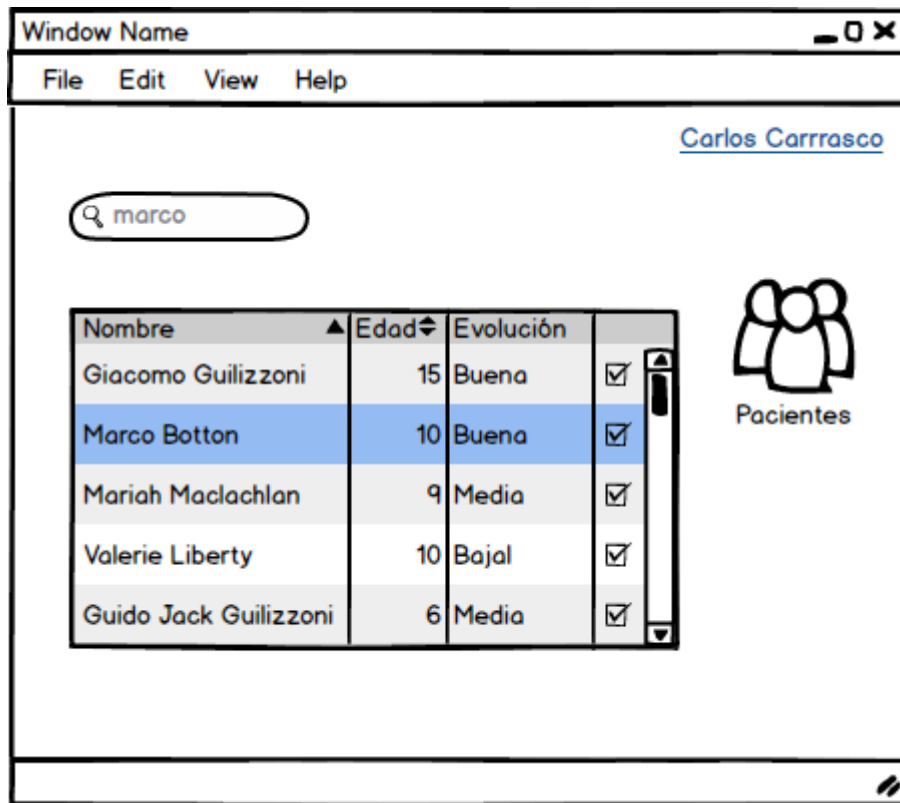


Figura 44. Prototipo Mantenimiento de Paciente

- Versión 2

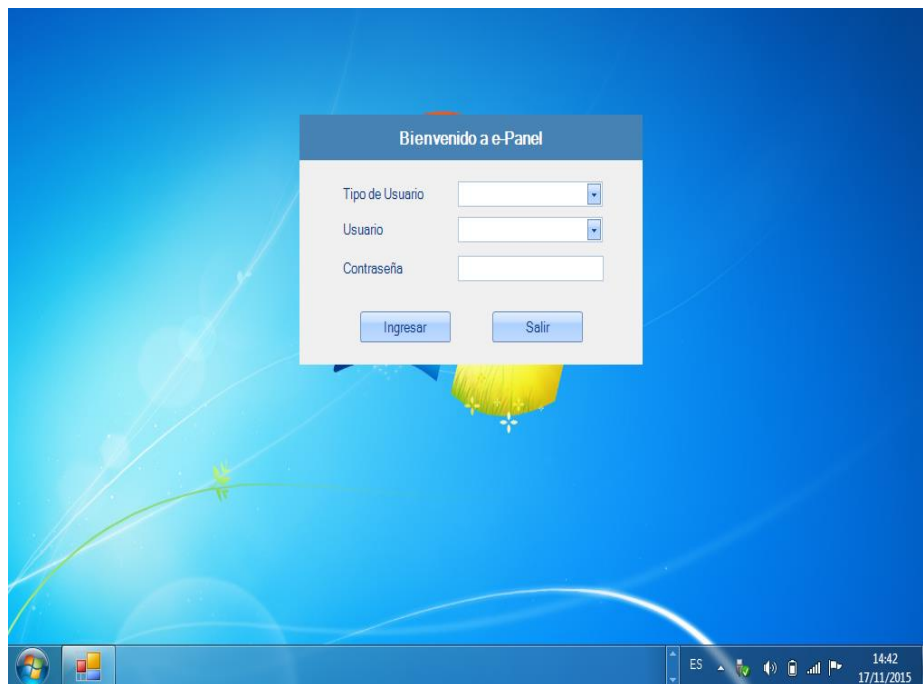


Figura 45. Interfaz Inicio de Sesión



Figura 46. Pantalla Principal del Área del Paciente y elección del puerto de la Tarjeta EMG



Figura47. Panel Enferma- Emergencias



Figura 48. Panel de Alimentos



Figura 49. Panel de Conversación



Figura 50. Panel de Actividades

4.5 Evaluación

En cada evaluación, se realizaron los respectivos cambios en los Prototipos que son mostrados en esa sección.

V. DISCUSIÓN

En el desarrollo de la investigación se pudo contrastar que un 50% de los pacientes dependen completamente de la enfermera o una voluntaria. Sus capacidades de comunicación son limitadas, el 50% puede realizar movimientos básicos de su mano pero no pueden aun pronunciar correctamente las palabras y para las enfermeras es difícil entenderles, generalmente ellos hacen señales o muecas. No cuentan con herramientas o equipos de comunicación, sólo con los materiales didácticos durante la terapia de lenguaje y ocupacional que reciben.

Estas terapias se brindan dos veces a la semana durante 30 minutos, lo cual es considerado por los especialistas como muy poco tiempo, sin embargo debido a la cantidad reducida de especialistas no es posible aumentarlo. Lo adecuado, indicaron, sería de 3 veces por semana durante una hora. El sistema propuesto está orientado a ser un dispositivo portátil para el paciente, por lo cual sería una herramienta de comunicación que estaría disponible un tiempo deseable para el paciente.

Durante la aplicación de sistema se tuvo que realizar un análisis previo del movimiento de las manos del paciente y un entrenamiento que le permitieran comprender el funcionamiento del software, se brindó una explicación a las enfermeras y terapeutas de su uso y de su objetivo. Se mostró gran interés en él sobre todo del niño ya que las PC y dispositivos portátiles son muy atractivos y les llama mucho la atención, por lo cual el interés fue mayor.

Para demostrar que la hipótesis planteada es la correcta se propusieron realizar entrevistas y verificar los reportes del Terapeuta de Lenguaje y Ocupacional para poder medir los diferentes indicadores detallados anteriormente, y así validar si los objetivos propuestos están siendo alcanzados por la aplicación del sistema demostrando que con su uso el paciente se comunica de mejor manera y a la vez desarrolla poco a poco sus capacidades de comunicación.

5.1. ÍNDICE DE BARTHEL:

Como herramienta para medir el indicador del grado de independencia del paciente, el Jefe de Hospitalización evaluó al paciente a través del Índice de Barthel, el cual da un puntaje de acuerdo con distintos parámetros propuestos y la situación actual del paciente:

- Antes

Parámetro	Situación del paciente	Puntuación	
Total:			30
Comer	- Totalmente independiente		10
	- Necesita ayuda para cortar carne, el pan, etc.	X	5
	- Dependiente		0
Lavarse	- Independiente: entra y sale solo del baño		5

	- Dependiente	X	0
Vestirse	- Independiente: capaz de ponerse y de quitarse la ropa, abotonarse, atarse los zapatos		10
	- Necesita ayuda	X	5
	- Dependiente		0
Arreglarse	- Independiente para lavarse la cara, las manos, peinarse, afeitarse, maquillarse, etc.		5
	- Dependiente	X	0
Deposiciones	- Continencia normal		10
	- Ocasionalmente algún episodio de incontinencia, o necesita ayuda para administrarse supositorios o lavativas	X	5
	- Incontinencia		0
Micción	- Continencia normal, o es capaz de cuidarse de la sonda si tiene una puesta		10
	- Un episodio diario como máximo de incontinencia, o necesita ayuda para cuidar de la sonda	X	5
	- Incontinencia		0
Usar el retrete	- Independiente para ir al cuarto de aseo, quitarse y ponerse la ropa...		10
	- Necesita ayuda para ir al retrete, pero se limpia solo		5
	- Dependiente	X	0
Trasladarse	- Independiente para ir del sillón a la cama		15
	- Mínima ayuda física o supervisión para hacerlo		10
	- Necesita gran ayuda, pero es capaz de mantenerse sentado solo	X	5
	- Dependiente		0
Deambular	- Independiente, camina solo 50 metros		15
	- Necesita ayuda física o supervisión para caminar 50 metros		10
	- Independiente en silla de ruedas sin ayuda	X	5
	- Dependiente		0
Escalones	- Independiente para bajar y subir escaleras		10

	- Necesita ayuda física o supervisión para hacerlo		5
	- Dependiente	X	0

De acuerdo con la Tabla de Puntajes, el paciente obtuvo una puntuación de 30 puntos que significa un Grado de Independencia Grave. El niño se moviliza todo el tiempo en una silla de ruedas y es totalmente dependiente en cuestiones como vestirse y arreglarse, el paciente ha tenido algunos incidentes en cuanto a la micción y deposición debido al aviso tardío.

- Después

El Jefe de Hospitalización evaluó al niño y mediante el uso del sistema se registró la siguiente puntuación:

Parámetro	Situación del paciente	Puntuación	
Total:			45
Comer	- Totalmente independiente		10
	- Necesita ayuda para cortar carne, el pan, etc.	X	5
	- Dependiente		0
Lavarse	- Independiente: entra y sale solo del baño		5
	- Dependiente	X	0
Vestirse	- Independiente: capaz de ponerse y de quitarse la ropa, abotonarse, atarse los zapatos		10
	- Necesita ayuda	X	5
	- Dependiente		0
Arreglarse	- Independiente para lavarse la cara, las manos, peinarse, afeitarse, maquillarse, etc.		5
	- Dependiente	X	0
Deposiciones	- Continencia normal	X	10
	- Ocasionalmente algún episodio de incontinencia, o necesita ayuda para administrarse supositorios o lavativas		5
	- Incontinencia		0
Micción	- Continencia normal, o es capaz de cuidarse de la sonda si tiene una puesta	X	10
	- Un episodio diario como máximo de incontinencia, o necesita ayuda para cuidar de la sonda		5
	- Incontinencia		0

Usar el retrete	- Independiente para ir al cuarto de aseo, quitarse y ponerse la ropa...		10
	- Necesita ayuda para ir al retrete, pero se limpia solo		5
	- Dependiente	X	0
Trasladarse	- Independiente para ir del sillón a la cama		15
	- Mínima ayuda física o supervisión para hacerlo	X	10
	- Necesita gran ayuda, pero es capaz de mantenerse sentado solo		5
	- Dependiente		0
Deambular	- Independiente, camina solo 50 metros		15
	- Necesita ayuda física o supervisión para caminar 50 metros		10
	- Independiente en silla de ruedas sin ayuda	X	5
	- Dependiente		0
Escalones	- Independiente para bajar y subir escaleras		10
	- Necesita ayuda física o supervisión para hacerlo		5
	- Dependiente	X	0

De acuerdo con la Tabla de Puntajes, el paciente obtuvo una puntuación de 45 puntos que significa un Grado de Independencia Moderado. El niño sigue movilizándose todo el tiempo en una silla de ruedas y es totalmente dependiente en cuestiones como vestirse y arreglarse. Con el uso del sistema, la diferencia se encuentra en los parámetros de Micción y Deposición, los incidentes se daban porque el paciente pedía asistencia a la enfermera de forma tardía; con el software el paciente fue capaz de emitir un aviso en el área de hospitalización y poder asistirlo.

5.2.TERAPIA DE LENGUAJE:

La Terapia de Lenguaje se brinda a los pacientes dos días a la semana durante 30 minutos, en la entrevista realizada al Terapeuta afirmó que el tiempo era muy poco y que debería asignarse más tiempo para reforzar estas prácticas.

El Sistema desarrollado, al tener un aspecto didáctico para reforzar el conocimiento sobre actividades diarias y alimentos, es un medio de aprendizaje para el paciente, éste al tener como requerimiento una PC o Laptop se limitó a una frecuencia de tres días a la semana durante una hora.

El paciente lo utilizó durante una hora, en ese tiempo tuvo acceso total al sistema y a utilizarlo como una herramienta de comunicación. La interfaz de conversación fue una ayuda muy valiosa para el niño, debido a que al no poder hablar no puede comunicar claramente sus necesidades y a través de esto pudo dar una respuesta específica y a la vez aprendiendo el sonido y la imagen.

5.3.HERRAMIENTAS Y EQUIPOS DE COMUNICACIÓN

La Clínica San Juan de Dios es una entidad no lucrativa que se sostiene por las donaciones realizadas, es por ello, que debido al escaso presupuesto no es posible la adquisición de nueva tecnología. En ella se realizan diversos proyectos de estudiantes para ayudar a los pacientes con diferentes tecnologías, sin embargo, no se ha puesto en práctica ninguno de ellos, las terapias que se brindan, inicialmente mencionadas, son de Lenguaje, Física y Ocupacional. En la Terapia de Lenguaje se utilizan Tarjetas ilustradas, se enseña el movimiento vocal y el sonido de las palabras.

La rehabilitación de los niños tienen una duración de 6 meses pero algunos niños llevan años en el área de Hospitalización, algunos pueden hablar de manera entendible pero otros no, al igual que debido a la gravedad de la enfermedad algunos realizan movimientos voluntarios en sus extremidades y otros no pueden.

Esta herramienta se desarrolló para aquellos que realiza movimientos voluntarios y tienen la capacidad de seguir órdenes, pero no pueden comunicarse de la manera correcta, es decir, no pueden aún pronunciar correctamente las palabras o sólo lo hacen con sonidos.

El Panel de Comunicación en el que consta este sistema le dio facilidad para transmitir necesidades o una información, navegando en el software sólo con el movimiento de sus manos. Las tarjetas ilustradas en la Terapia de Lenguaje son usadas también en este software debido a su importancia en el reconocimiento de imágenes, se muestra también el nombre de ellas y algunos casos el sonido. Esto al ser usado frecuentemente aumentaría el vocabulario del niño y su percepción.

Objetivo Específico	Indicador	Definición Conceptual	Antes	Después
Minimizar la dependencia de los pacientes con PCI, respecto a sus necesidades de comunicaciones	Grado de Independencia del Paciente	Pacientes que realizan sus actividades sin ninguna ayuda permanente	Índice de Barthel: 30	Índice de Barthel: 45
Aumentar el tiempo de la	Tiempo dedicado a realizar su	Tiempo que el terapeuta	1 h/sem	3 h/sem

Terapia de Lenguaje	terapia de lenguaje	dedica a la estimulación de la independencia del paciente		
Superar las limitaciones de equipos y herramientas de comunicaciones para los pacientes.	Cantidad de herramientas o equipos especializados en comunicación	Cantidad de herramientas de comunicación a disposición del paciente.	1	2

Las Tecnologías de Habla, como lo señala Llisterri (2003), tienen por objeto el tratamiento informático de la lengua oral desarrollando estrategias de comunicación y de aprendizaje del habla y de la lengua; sin embargo, el hecho de usar las TIC no es la solución definitiva a estos problemas, pero sí es un excelente medio incluso para el terapeuta ya que lo dota de mayores recursos. Estas tecnologías pueden constar de un ordenador que ofrece información hablada, reconozca enunciados emitidos por un usuario o combinar ambas para entablar una interacción. Hoy en día, la PC y os dispositivos portátiles significan una oportunidad, un nuevo recurso en la intervención del lenguaje.

Se puede afirmar que en base a las pruebas del Software se logra alcanzar el objetivo general de esta investigación que es mejorar la capacidad de comunicación de los pacientes con parálisis cerebral infantil ya que por medio del uso de un Sistema Electromiográfico es posible superar la barrera de implica la falta de movimiento total en sus extremidades y brindarle al paciente un nueva interfaz, una herramienta capaz de transmitir sus necesidades, deseos y respuestas, controlado por ellos mismos y cuando lo requieran y así se responde a la pregunta: ¿De qué manera se podría superar las limitaciones en comunicación en los pacientes que sufren Parálisis Cerebral Infantil?

Los paneles de comunicación comunes son controlados a través de un mouse y un puntero en la pantalla, para lo cual los pacientes de PCI no están preparados física ni emocionalmente, les puede producir sentimiento de frustración al enfrentarse a un dispositivo complejo como es la PC. Por tanto, como lo dice Alcantud Marín (2003), es necesario que el uso de esto equipos conlleven movimiento simples y posean un único efecto. Esta investigación apuesta a eso, 2 acciones básicas como la flexión del pulgar y el cierre de la mano, además de una extensión de la mano con los que es posible el manejo total de este software. Una herramienta no sólo para el paciente sino también para el terapeuta, este sistema no busca reemplazar la interacción humana natural, en cambio, sí estimular procesos interactivos que favorezcan el aprendizaje y desarrollo de estos niños con necesidades especiales.

VI. CONCLUSIONES

Nuestra conclusión es que se ha cumplido con los objetivos trazados en el proyecto, ya que en el capítulo anterior podemos observar los cambios positivos que se han logrado gracias a la aplicación de este Software Interactivo controlado por un Sistema Electromiográfico para mejorar las capacidades de comunicación.

Pues los pacientes han mostrado un incremento en su grado de independencia, lo que ha significado un avance de Grave a Moderado, el tiempo de la Terapia de Lenguaje ha aumentado ya que el tiempo de uso del Software es un reforzamiento a estas sesiones sin necesidad de aumentar la cantidad de especialistas. Asimismo, además de las herramientas de comunicación brindadas por el terapeuta tenemos un instrumento más que constituye una Tecnología del Habla que brinda al paciente la oportunidad de transmitir sus necesidades a través de un Software Interactivo que vence la barrera de la incapacidad de un movimiento completo de sus manos.

Por otro lado se cumplió con el análisis, diseño, desarrollo, prototipado y lanzamiento del software interactivo de manera adecuada y alineada a lo planteado por la metodología MPIU+A. Lo cual permitió implementar un sistema orientado completamente al usuario.

Finalmente, podemos concluir que se ha logrado construir una herramienta de comunicación que responde a las necesidades de un paciente con PCI sirviendo a la vez de apoyo al trabajo del terapeuta, constituyendo a la vez un medio de aprendizaje.

Recomendaciones

Este software puede ser empleado, debido a los requerimientos de Hardware, sólo tres horas a la semana, sin embargo está orientado a ser portátil y de uso constante del paciente para completar su objetivo de herramienta de comunicación.

Debido a que es considerado un dispositivo médico, es importante tomar en cuenta algún estándar como la ISO 13485, con la cual se aumenta la eficiencia, reduce los costos y supervisa el funcionamiento de la cadena de suministro. Con ella se producen dispositivos médicos más seguros, eficientes y se satisfacen los requisitos reguladores y expectativas del cliente.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcantud Marín, Francisco. *Tecnologías de ayuda en personas con trastornos de comunicación*. Valencia: Nau Libres, 2003.
- Caballero, Katerine, Luz María Duque, Sandra Caballos, Juan Carlos Ramírez, y Alejandro Peláez. «Conceptos básicos del análisis electromiográfico.» *CES Odontología*, 2002: 41-50.
- Centro de Cirugía Especial de México. «Parálisis Cerebral y otras formas de Espasticidad.» Abril de 2011. www.ccem.org.mx (último acceso: 21 de Septiembre de 2013).
- Clínica San Juan. *Clínica San Juan de Dios*. 2010. www.sanjuandedioschiclayo.org (último acceso: 2 de Octubre de 2013).
- CONADIS. «Primera Encuesta Nacional Especializada en Discapacidad.» *Encuesta INEI*. Lima, 2012.
- Córdova Ricapa, Fernando. «Desarrollo de un Sistem para la Evaluación de la Actividad Muscular mediante Electrodo de Superficie.» Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2013.
- De Luca, Carlos J. «Surface Electromyography: Detection and Recording.» Massachusetts: Delsys Incorporated, 2002.
- Gómez Angarita, Jorge Iván. «La Electromiografía: Un acercamiento al Concepto Fisiológico, la Construcción de un Equipo Electromiográfico con registro no invasivo; y la resistencia galvánica de piel como método de Relajación Muscular.» Tesis de Maestría, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2009, 347.
- Granollers i Saltiveri, Toni. «MPIu+a. Una Metodología que integra la Ingeniería de Software, la Interacción Persona-Ordenador y la Accesibilidad en el Contexto de Equipos de Desarrollo Multidisciplinares.» Tesis Doctoral, Universitat de Lleida, Lleida, 2004.
- Granollers i Saltiveri, Toni, Jesús Lorés Vidal, y José Juan Cañas Delgado. *Diseño de sistemas interactivos centrados en el usuario*. Catalunya: Editorial UOC, 2011.
- Gutiérrez Calderón, Jenny Alejandra, Erika Nathalia Gama Melo, Darío Amaya Hurtado, y Oscar Fernando Avilés Sánchez. «Desarrollo de Interfaces para la Detección de Habla Sub-vocal.» *Revista Ternura*, Mayo 2013: 138-152.
- Jhons Hopkins Medicine. «Jhons Hopkins Medicine: Health Library.» s.f. http://www.hopkinsmedicine.org/healthlibrary/test_procedures/neurological/electromyography_emg_92,P07656/ (último acceso: 27 de Setiembre de 2013).
- Jorgensen, Chuck, y Kim Binsted. «Web Browser Control using EMG Based Sub Vocal Speech Recognition.» Florida, 2004.
- Konrad, Peter. «ABC of EMG: A practical Introduction of Kinesiological Electromyography.» Scottsdale: Noraxon U.S.A., 2004.
- Levitt, Sophie. *Tratamiento de la Parálisis Cerebral y el Retraso Motor*. Madrid: Editorial Médica Panamericana, 2002.
- Llisterri, Joaquín. «Las tecnologías del Habla.» *I Congreso Internacional "La ciencia ante el público. Cultura humanística y desarrollo tecnológico"*. Salamanca: Instituto Universitario de Estudios de la Ciencia y la Tecnología, 2003. 44-67.
- López Larraz, E. O., J. M. Martínez Mozos, J. M. Antelis Ortiz, J. Damborenea Tajada, y J. Minguez Zafra. «Diseño de un Sistema de Reconocimiento del Habla mediante electromiografía.» *XXVII Congreso Anual de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica*, 2010: 601-604.

- Ministerio de Educación. *Logopedia Escolar Digitalizada*. Series Informes, Madrid: Instituto de Tecnologías Educativas, 2011, 385.
- Nielsen, Jakob, y Hoa Loranger. *Usabilidad*. Anaya Multimedia, 2006.
- Organización Mundial de la Salud. «World Report on Disability.» 2011. www.who.int (último acceso: 20 de Setiembre de 2013).
- Palacios Raufast, Luis, Josefina Blasco Mínguez, Teresa Pagués Costa, y Vicente Alfaro González. *Fisiología Animal*. Barcelona: Edicions Universitat Barcelona, 2005.
- Peña Sánchez, Fabián, y Julio Cesar Peralta Díaz. «Implementación de un Algoritmo de Reconocimiento de Patrones Electromiográficos en una Tarjeta de Desarrollo para la Identificación de los Movimientos Básicos de la Mano.» Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2011.
- Perla, David, Jorge Forster, y Marcelo Devilat. *Neurología Pediátrica*. Santiago: Mediterráneo, 2012.
- Real Academia Española. *Diccionario de la Real Academia Española*. 2001. lema.rae.es/drae (último acceso: 27 de Setiembre de 2013).
- Tipan Tisalema, Carlos Homero, y Washington Stalin Ortega Pazos. «Diseño e Implementación de un Sistema Electrónico con Interface a PC para monitorizar la Actividad Muscular.» Tesis de Licenciatura, Riobamba, 2010.
- Zapata Vélez de Villa, Manuel Abelardo. «Diseño de un Estimulador Eléctrico Funcional para Rehabilitación Física en Miembros Distales Superiores con Disfunción Motriz.» Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2010.

VIII. ANEXOS

ANEXO N°1 ENTREVISTA A JEFE DE HOSPITALIZACIÓN



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

OBJETIVO: Conocer a los pacientes que sufren de parálisis cerebral

PARTICIPANTE: Patricia Arnao

ENTREVISTA

- 1. ¿Cuántos pacientes están hospitalizados por PCI?**
Tenemos 16 pacientes con PCI.
- 2. ¿Entre qué edades oscilan?**
Actualmente, el menor tiene 4 años y el mayor tiene 25 años.
- 3. ¿Con qué frecuencia reciben visitas?**
Pocos, que son 3 reciben visitas máximo una vez al mes y sólo 1 recibe una vez a la semana
- 4. ¿Cuál es el tratamiento?**
Reciben Terapia física, ocupacional y de lenguaje si es que lo necesita.
- 5. ¿Cuánto dura el tratamiento?**
Mínimo 6 meses, máximo 2 años
- 6. Durante ese tiempo, ¿qué es lo que puede hacer el paciente?**
Todo lo que hacen en Terapia Ocupacional armar rompecabezas, etc.
- 7. ¿Cuántos requieren ayuda permanente?**
La mitad de ellos realizan la mayoría de actividades solos, pero la otra mitad si necesita todo el tiempo de la ayuda de otra persona
- 8. ¿Ellos entienden cuando se les habla?**
El 70% de ellos entienden, pero no pueden hablar muy bien.
- 9. ¿Cuántos niños con PCI ingresan al año?**
Bueno, en general, entre entradas y salidas casi siempre tenemos 15 o 20 pacientes en el año.
- 10. ¿Cuánto es el tiempo promedio que permanecen en el Hospital?**
Hay niños que después de un año sus familiares ya los llevan pero hay otros que los han dejado prácticamente ya viviendo aquí, tenemos una niña que está aquí hace 20 años.
- 11. Aquí hay una escuelita, ¿todos asisten?**
Sólo 2 no asisten, pero el resto sí.
- 12. ¿Hacen uso ellos por alguna causa de la computadora?**
Hay un programa de ayuda de Movistar donde sólo algunos de los niños pueden asistir, porque los otros no pueden movilizarse, ahí ellos les enseñan a manejarla, algunos videos también.

ANEXO N°2
ENTREVISTA A TERAPEUTA OCUPACIONAL



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

OBJETIVO: Conocer a los pacientes que sufren de parálisis cerebral

PARTICIPANTE: María del Carmen Rivas Coronel

ENTREVISTA

1. ¿Cuántas personas apoyan a estos pacientes permanentemente?

Dos enfermeras y una técnica son permanentes para esa área, pero tenemos voluntarias también

2. ¿Cree que la propuesta es buena y qué efectos podría tener en el niño?

Es buena, actualmente también hay un proyecto que usa esta tecnología, así que de alguna u otra manera lo estaría complementando. A todo niño le resulta muy atractiva la computadora, así que podría ser un medio interesante a utilizar.

3. ¿Cómo es que se registra la evolución del niño?

Bueno, una vez que asisten a la Terapia Ocupacional se les anota qué es lo que va logrando y qué deficiencias tiene.

4. ¿Cuál es el objetivo de la Terapia Ocupacional?

Una terapia ocupacional es para que el niño pueda reconocer nuevos objetos, que vaya aprendiendo sobre su entorno, se le da algunos trabajos manuales y además se refuerza su autoestima.

5. ¿Cuánto tiempo dura la terapia?

Generalmente toma aproximadamente unos 30 min y se realiza una o dos veces a la semana dependiendo del paciente, para esto es evaluado previamente por un doctor.

6. ¿Es adecuado el tiempo?

Es necesario que estas actividades las refuercen las enfermeras o las personas que están con él para que pueda evolucionar mejor.

ANEXO N°3
ENTREVISTA A TERAPEUTA DE LENGUAJE



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

OBJETIVO: Conocer a los pacientes que sufren de parálisis cerebral

PARTICIPANTE: María del Carmen Rivas Coronel

ENTREVISTA

1. ¿Cuál es el objetivo de brindar Terapia de Lenguaje?

La Terapia de Lenguaje busca el tratamiento y rehabilitación de desórdenes de la Comunicación en las áreas de habla y lenguaje; esta terapia consta de la estimulación del habla a través de masajes faciales y ejercicios

2. ¿Cuál es el porcentaje de niños con PCI que reciben la terapia?

El 100% recibe esta terapia. Todos lo necesitan.

3. ¿Cómo es la evolución del niño?

Hay niños que se recuperan a gran velocidad y es posible para ellos hablar y emitir algunas frases, en cambio hay otros que por la gravedad de la enfermedad, no lo pueden hacer y su rehabilitación es permanente.

4. ¿Cuánto tiempo dura la terapia?

El niño tiene dos terapias en la semana de media hora

5. ¿Es adecuado el tiempo?

No, nosotros recomendamos a pacientes externos al menos 3 veces a la semana durante una hora.

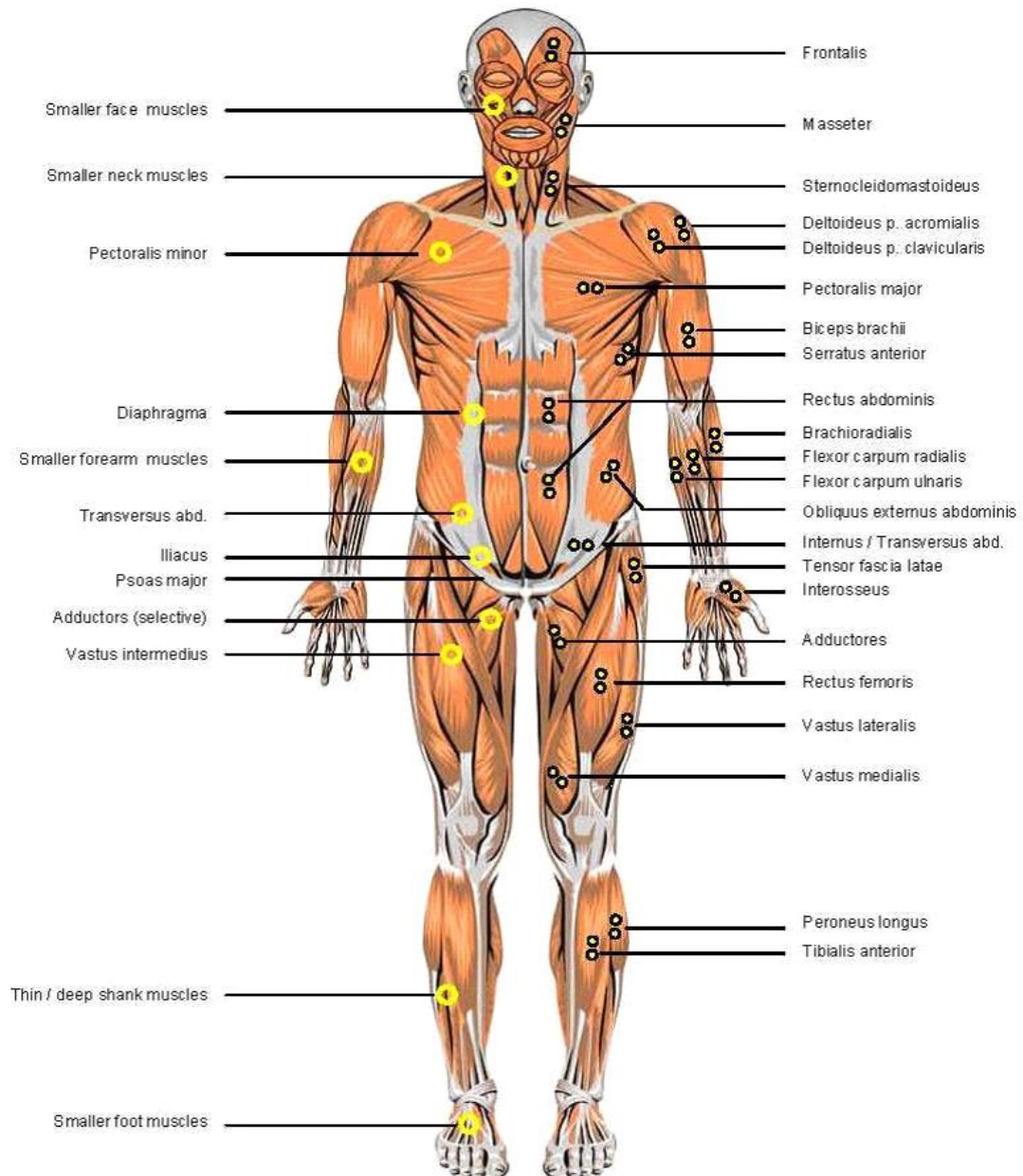
6. ¿Qué herramientas utiliza?

Se utilizan materiales como guantes para los masajes en la boca, algunos retazos de hojas para practicar el soplo, tarjetas visuales, etc.

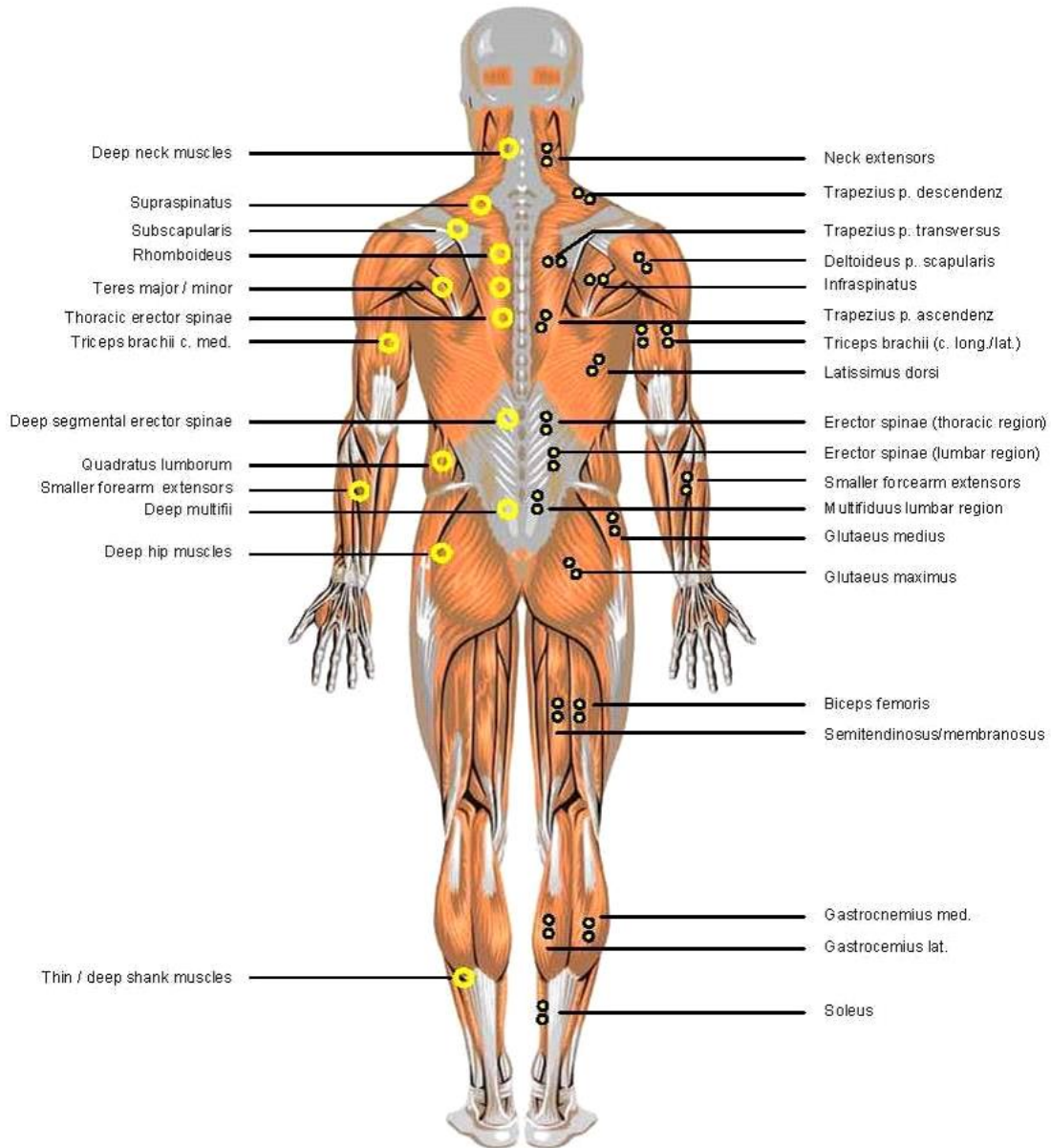
7. La propuesta es un Software que contenga un Panel de Comunicación, éste será controlado a través de los movimientos de la mano del paciente. ¿Cuál es su opinión?

Entre los pacientes con PCI hay algunos que tienen el movimiento completo de sus manos pero hay otros que no, sólo realizan lo básico. Así como hay otros que no lo pueden hacer, sólo realizan acciones de manera involuntaria. Un panel de comunicación es una buena idea ya que el niño aprende de imágenes.

ANEXO N°4
VISTA FRONTAL DEL POSICIONAMIENTO ANATÓMICO DE LOS SITIOS SELECCIONADOS TANTO DE ELECTRODO DE AGUJA COMO DE ELECTRODO DE SUPERFICIE



ANEXO N°5
VISTA DORSAL DEL POSICIONAMIENTO ANATÓMICO DE LOS SITIOS SELECCIONADOS TANTO DE ELECTRODO DE AGUJA COMO DE ELECTRODO DE SUPERFICIE



ANEXO N° 6
ÍNDICE DE BARTHEL

Parámetro	Situación del paciente	Puntuación
Total:		
Comer	- Totalmente independiente	10
	- Necesita ayuda para cortar carne, el pan, etc.	5
	- Dependiente	0
Lavarse	- Independiente: entra y sale solo del baño	5
	- Dependiente	0
Vestirse	- Independiente: capaz de ponerse y de quitarse la ropa, abotonarse, atarse los zapatos	10
	- Necesita ayuda	5
	- Dependiente	0
Arreglarse	- Independiente para lavarse la cara, las manos, peinarse, afeitarse, maquillarse, etc.	5
	- Dependiente	0
Deposiciones (valórese la semana previa)	- Continencia normal	10
	- Ocasionalmente algún episodio de incontinencia, o necesita ayuda para administrarse supositorios o lavativas	5
	- Incontinencia	0
Micción (valórese la semana previa)	- Continencia normal, o es capaz de cuidarse de la sonda si tiene una puesta	10
	- Un episodio diario como máximo de incontinencia, o necesita ayuda para cuidar de la sonda	5
	- Incontinencia	0
Usar el retrete	- Independiente para ir al cuarto de aseo, quitarse y ponerse la ropa...	10
	- Necesita ayuda para ir al retrete, pero se limpia solo	5
	- Dependiente	0
Trasladarse	- Independiente para ir del sillón a la cama	15
	- Mínima ayuda física o supervisión para hacerlo	10
	- Necesita gran ayuda, pero es capaz de mantenerse sentado solo	5
	- Dependiente	0
Deambular	- Independiente, camina solo 50 metros	15
	- Necesita ayuda física o supervisión para caminar 50 metros	10
	- Independiente en silla de ruedas sin ayuda	5
	- Dependiente	0
Escalones	- Independiente para bajar y subir escaleras	10
	- Necesita ayuda física o supervisión para hacerlo	5
	- Dependiente	0

ANEXO N° 7

TABLA DE PUNTAJE – ÍNDICE DE BARTHEL

Máxima puntuación: 100 puntos (90 si va en silla de ruedas)	
Resultado	Grado de dependencia
< 20	Total
20-35	Grave
40-55	Moderado
≥ 60	Leve
100	Independiente

ANEXO N° 8

CONFIGURACIÓN EN ARDUINO IDE DE EMG-SHIELD DADA POR OLIMEX

```

#include <compat/deprecated.h>
#include <FlexiTimer2.h>

#define NUMCHANNELS 6
#define HEADERLEN 4
#define PACKETLEN (NUMCHANNELS * 2 + HEADERLEN + 1)
#define SAMPFREQ 256 // ADC sampling rate 256
#define TIMER2VAL (1024/(SAMPFREQ)) // Set 256Hz sampling frequency
#define LED1 13
#define CAL_SIG 9

// Global constants and variables
volatile unsigned char TXBuf[PACKETLEN]; //The transmission packet
volatile unsigned char TXIndex; //Next byte to write in the transmission packet.
volatile unsigned char CurrentCh; //Current channel being sampled.
volatile unsigned char counter = 0; //Additional divider used to generate CAL_SIG
volatile unsigned int ADC_Value = 0; //ADC current value

//~~~~~
// Functions
//~~~~~
/*****
/* Function name: Toggle_LED1 */
/* Parameters */
/* Input : No */
/* Output : No */
/* Action: Switches-over LED1. */
*****/
void Toggle_LED1(void){

if((digitalRead(LED1)) == HIGH){ digitalWrite(LED1,LOW); }
else{ digitalWrite(LED1,HIGH); }

}

/*****
/* Function name: toggle_GAL_SIG */
/* Parameters */
/* Input : No */
/* Output : No */
/* Action: Switches-over GAL_SIG. */
*****/
void toggle_GAL_SIG(void){

if(digitalRead(CAL_SIG) == HIGH){ digitalWrite(CAL_SIG, LOW); }
else{ digitalWrite(CAL_SIG, HIGH); }

}

/*****
/* Function name: setup */
/* Parameters */
/* Input : No */
/* Output : No */
/* Action: Initializes all peripherals */
*****/
void setup() {

noInterrupts(); // Disable all interrupts before initialization

// LED1
pinMode(LED1, OUTPUT); //Setup LED1 direction
digitalWrite(LED1,LOW); //Setup LED1 state
pinMode(CAL_SIG, OUTPUT);

//Write packet header and footer
TXBuf[0] = 0xa5; //Sync 0
TXBuf[1] = 0x5a; //Sync 1
TXBuf[2] = 2; //Protocol version

```

```

TXBuf[3] = 0; //Packet counter
TXBuf[4] = 0x02; //CH1 High Byte
TXBuf[5] = 0x00; //CH1 Low Byte
TXBuf[6] = 0x02; //CH2 High Byte
TXBuf[7] = 0x00; //CH2 Low Byte
TXBuf[8] = 0x02; //CH3 High Byte
TXBuf[9] = 0x00; //CH3 Low Byte
TXBuf[10] = 0x02; //CH4 High Byte
TXBuf[11] = 0x00; //CH4 Low Byte
TXBuf[12] = 0x02; //CH5 High Byte
TXBuf[13] = 0x00; //CH5 Low Byte
TXBuf[14] = 0x02; //CH6 High Byte
TXBuf[15] = 0x00; //CH6 Low Byte
TXBuf[2 * NUMCHANNELS + HEADERLEN] = 0x01; // Switches state

FlexiTimer2::set(TIMER2VAL, Timer2_Overflow_ISR);
FlexiTimer2::start();

// Serial Port
Serial.begin(57600);
//Set speed to 57600 bps

// MCU sleep mode = idle.
//outb(MCUCR.(inp(MCUCR) | (1<<SE) & ~(1<<SM0) | ~(1<<SM1) | ~(1<<SM2)));

interrupts(); // Enable all interrupts after initialization has been completed
}

/*****
*/
/* Function name: Timer2_Overflow_ISR */
/* Parameters */
/* Input : No */
/* Output : No */
/* Action: Determines ADC sampling frequency. */
/*****
void Timer2_Overflow_ISR()
{
// Toggle LED1 with ADC sampling frequency /2
Toggle_LED1();

//Read the 6 ADC inputs and store current values in Packet
for(CurrentCh=0;CurrentCh<6;CurrentCh++){
ADC_Value = analogRead(CurrentCh);
TXBuf[(2*CurrentCh) + HEADERLEN] = ((unsigned char)(ADC_Value & 0xFF00) >> 8); // Write High Byte
TXBuf[(2*CurrentCh) + HEADERLEN + 1] = ((unsigned char)(ADC_Value & 0x00FF)); // Write Low Byte
}

// Send Packet
for(TXIndex=0;TXIndex<17;TXIndex++){
Serial.write(TXBuf[TXIndex]);
}

// Increment the packet counter
TXBuf[3]++;

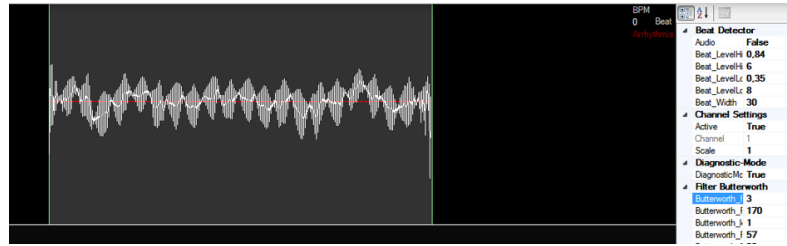
// Generate the CAL_SIGnal
counter++; // increment the divider counter
if(counter == 12){ // 250/12/2 = 10.4Hz ->Toggle frequency
counter = 0;
toggle_GAL_SIG(); // Generate CAL signal with frequ ~10Hz
}
}

/*****
*/
/* Function name: loop */
/* Parameters */
/* Input : No */
/* Output : No */
/* Action: Puts MCU into sleep mode. */
/*****
void loop() {
__asm__ __volatile__ ("sleep");
}

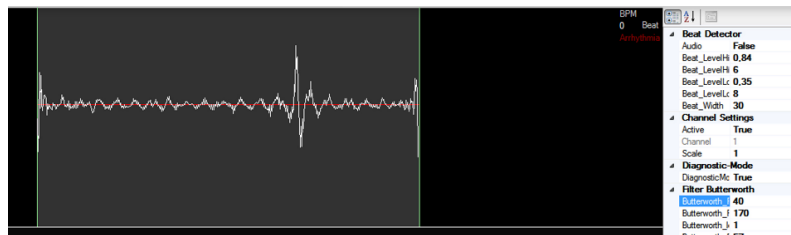
```

ANEXO N° 9 AJUSTE DE FILTRO BUTTERWORTH

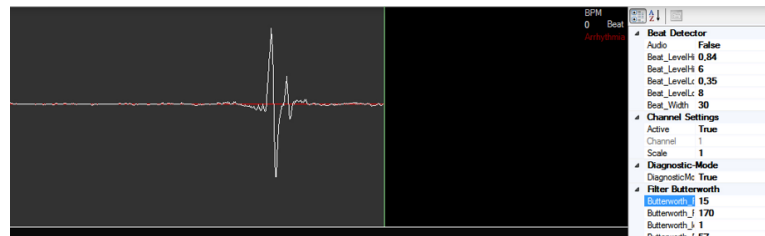
- Butterworth con Pasa Altos de 3



- Butterworth con Pasa Altos de 40



- Butterworth con Pasa Altos de 15



ANEXO N° 10
ANÁLISIS PREVIO DE LAS CARACTERÍSTICAS EN EXCEL
(10 COEFICIENTES PRIMEROS)




REPOSO 1					
Muestra	Muestra Real	Cruce por cero	ABS(Muestra Real)	CAMBIOS DE SIGNOS DE PENDIENTE	ABS(x2-x1)
-2,692	-2,692	FALSO	2,692	FALSO	0,000
0,148	0,148	VERDADERO	0,148	VERDADERO	2,840
-1,371	-1,371	VERDADERO	1,371	VERDADERO	1,519
0,879	0,879	VERDADERO	0,879	VERDADERO	2,251
-1,088	-1,088	VERDADERO	1,088	VERDADERO	1,968
1,317	1,317	VERDADERO	1,317	VERDADERO	2,406
1,287	1,287	FALSO	1,287	VERDADERO	0,030
2,958	2,958	FALSO	2,958	FALSO	1,671
3,017	3,017	FALSO	3,017	FALSO	0,059
3,181	3,181	FALSO	3,181	VERDADERO	0,164

Cruces por Cero: 103
MVA: 1,545
Cambios de signos de pendiente: 295
Longitud de forma de onda: 498,3749635




PULGAR 1					
Muestra	Muestra Real	Cruce por cero	ABS(Muestra Real)	CAMBIOS DE SIGNOS DE PENDIENTE	ABS(x2-x1)
-2,692	-2,692	FALSO	2,692	FALSO	0,000
0,148	0,148	VERDADERO	0,148	VERDADERO	2,840
-1,371	-1,371	VERDADERO	1,371	VERDADERO	1,519
0,879	0,879	VERDADERO	0,879	VERDADERO	2,251
-1,088	-1,088	VERDADERO	1,088	VERDADERO	1,968
1,317	1,317	VERDADERO	1,317	VERDADERO	2,406
1,287	1,287	FALSO	1,287	VERDADERO	0,030
2,958	2,958	FALSO	2,958	FALSO	1,671
3,017	3,017	FALSO	3,017	FALSO	0,059
3,181	3,181	FALSO	3,181	VERDADERO	0,164

Cruces por Cero: 82
MVA: 3,187
Cambios de signos de pendiente: 278
Longitud de forma de onda: 797,873



EXTENSIÓN 1				
Muestra Real	Cruce por cero	ABS(Muestra Real)	CAMBIOS DE SIGNOS DE PENDIENTE	ABS(x2-x1)
5,149	FALSO	5,149	FALSO	0,000
1,417	FALSO	1,417	FALSO	3,732
-0,270	VERDADERO	0,270	FALSO	1,687
-2,352	FALSO	2,352	FALSO	2,082
-5,417	FALSO	5,417	VERDADERO	3,065
-0,614	FALSO	0,614	VERDADERO	4,803
-1,417	FALSO	1,417	VERDADERO	0,803
-0,326	FALSO	0,326	VERDADERO	1,091
-1,548	FALSO	1,548	FALSO	1,222
-2,346	FALSO	2,346	FALSO	0,798

Cruces por Cero: 65
MVA: 9,174
Cambios de signos de pendiente: 177
Longitud de forma de onda: 1945,378583



CIERRE 1				
Muestra Real	Cruce por cero	ABS(Muestra Real)	CAMBIOS DE SIGNOS DE PENDIENTE	ABS(x2-x1)
-5,991	FALSO	5,991	FALSO	0,000
-5,603	FALSO	5,603	FALSO	0,388
-0,499	FALSO	0,499	FALSO	5,104
0,153	VERDADERO	0,153	VERDADERO	0,653
-0,612	VERDADERO	0,612	FALSO	0,765
-6,562	FALSO	6,562	FALSO	5,950
-11,882	FALSO	11,882	FALSO	5,320
-16,483	FALSO	16,483	VERDADERO	4,601
-11,754	FALSO	11,754	FALSO	4,729
-5,514	FALSO	5,514	FALSO	6,240

Cruces por Cero: 101
MVA: 9,429
Cambios de signos de pendiente: 336
Longitud de forma de onda: 2533,772009

ANEXO N° 10
FUNCIONES NECESARIAS PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL
SOFTWARE - C# .NET

a) Movimiento del Mouse

```
private void mover(int mov){  
    switch (mov){  
        case 2: Cursor.Position = new Point(Cursor.Position.X, Cursor.Position.Y - 30);  
            break;  
        case 3: Cursor.Position = new Point(Cursor.Position.X + 30, Cursor.Position.Y);  
            break;  
    }  
}
```