



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**  
**ESCUELA DE POSTGRADOS**

**MAESTRÍA EN TELEMÁTICA,**  
**MENCIÓN: CALIDAD EN EL SERVICIO**  
*(Aprobado por: RPC-SO-19-No.300-2016-CES)*

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE**  
**MAGISTER**

<b>Título:</b>
Aplicación de la Instrumentación Telemática para el Monitoreo y Control en el Tratamiento de Enfermedades Neuromusculares
<b>Autor:</b>
Nelson Rolando Sinchiguano Chilibinga, Ing.
<b>Tutor:</b>
Ing. Fidel David Parra Balza, Ph.D

**Quito-Ecuador**

**2019**

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD**

Yo, Ing. Fidel David Parra Balza Ph.D certifico que el Ing. Nelson Rolando Sinchiguano Chiliquina con C.C. No 050287490-2 realizó la presente tesis con título “Aplicación de la Instrumentación Telemática para el Monitoreo y Control en el Tratamiento de Enfermedades Neuromusculares”, y que es autor intelectual de la misma, que es original, autentica y personal.

---

Ing. Fidel David Parra Balza Ph.D

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**MAESTRÍA EN TELEMÁTICA**

**MENCIÓN CALIDAD EN EL SERVICIO**

**CERTIFICADO DE AUTORÍA**

El documento de tesis con título “Aplicación de la Instrumentación Telemática para el Monitoreo y Control en el Tratamiento de Enfermedades Neuromusculares”. Ha sido desarrollado por el Ing. Nelson Rolando Sinchiguano Chiliquina con C.C. No 050287490-2 persona que posee los derechos de autoría y responsabilidad, registrándose la copia o utilización de cada uno de los productos de esta tesis sin previa autorización.

---

**Ing. Nelson Rolando Sinchiguano Chiliquina**

**C.C. 050287490-2**

## Dedicatoria

*El presente trabajo de investigación es realizado con esfuerzo, y tenacidad, el cual va dedicado principalmente a mis padres por su gran apoyo y amor durante toda la vida, ya que sin ellos nada del presente habría sido posible.*

## Agradecimiento

*Cada esfuerzo en la vida de las personas tiene sus frutos, y este esfuerzo no sería posible si no hubiese tenido una guía tan importante como la de Dios es por eso, que mi principal agradecimiento va dirigido hacia a él, por permitir cumplir mis objetivos y metas propuestas.*

*Al Ph.D. Fidel Parra por ser un docente mentor en la investigación, que con su guía y enseñanza a corroborado al desarrollo institucional, académico y profesional de los estudiantes.*

*Al Ph.D. Luis Enrique Sánchez quien ha sido el pilar fundamental para el desarrollo de la investigación.*

## Pensamiento

*Hoy, hablando de tecnología, no sólo se debe tener en cuenta el hardware (el instrumento, el aparato...) y el software (las reglas que permiten usar el hardware), sino también lo que se llama el brainware (knoware), (el porqué, cómo, cuándo, dónde... Usar el hardware y el software).*

*(Agustí Chalaux)*

## **Resumen**

Día a día los avances tecnológicos permiten cambiar a una sociedad transformando los flujos económicos, sobre todo cuando se encuentra inmersa en el ámbito de la salud. Si bien es cierto que el desarrollo de la era digital permite a cada persona tener oportunidades de acceso a varios campos de la medicina, Ecuador al igual que otros países aprovechando la tecnología ha generado proyectos que brinden atención médica a personas de las áreas rurales, sin embargo, la ejecución del mismo va a pasos cortos.

Al examinar y analizar la situación actual sobre el aporte de la tecnología en el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares se ha identificado que en ciertos centros de atención médica de la provincia Cotopaxi existe problemas en la dotación de servicios médicos para las áreas rurales, debido que el área de fisioterapia y rehabilitación registra un número considerable de personas que sufren de enfermedades neuromusculares provoca que los pacientes requieran del apoyo médico oportuno independientemente de la localización geográfica. Hoy en día gracias a los avances de la tecnología es posible mejorar el cuidado de la salud, es por ello que la investigación inicia con el fin de innovar la atención médica a través de las tecnologías de la información y la comunicación. La implementación de nuevas tecnologías, permite que el médico pueda realizar el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades neuromusculares sin importar la distancia o lugar de origen en la que se encuentre el paciente.

La metodología que se utilizó para obtener la información fue la encuesta dirigida a los usuarios del área médica y la matriz anuario de estadísticas de salud: camas y egresos hospitalarios 2017, facilitada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, del mismo modo se fortaleció los conocimientos utilizando la lectura científica, logrando así determinar los problemas que enfrenta el área de fisioterapia y rehabilitación, por lo que se concluye que la principal deficiencia es la falta de tecnología y actualización de sistemas. Finalmente, es necesario especificar que el sistema de instrumentación virtual con comunicación remota cuenta con una interfaz electrónica para el monitoreo y control de señales bioeléctricas, que en base a la instrumentación telemática se ha logrado generar una estrategia tecnológica que corrobore con el programa Nacional de Telemedicina/Telesalud – Ecuador.

**Palabras Claves:** Salud Informática, Telesalud, Instrumentación, Telemática, Internet de las cosas.

## **Abstract**

Every day technological advances allow changing a society transforming economic flows, especially when it is immersed in the field of health. While it is true that the development of the digital age allows each person to have access to various fields of medicine, Ecuador, like other countries, taking advantage of the technology has generated projects that provide medical care to people in rural areas, without However, the execution of the same goes to short steps.

In examining and analyzing the current situation on the contribution of technology in monitoring and control in the treatment of neuromuscular diseases, it has been identified that in certain health care centers in the province of Cotopaxi there are problems in the provision of medical services for rural areas. , because the area of physiatry and rehabilitation records a considerable number of people suffering from neuromuscular diseases causes patients to require timely medical support regardless of geographical location. Nowadays, thanks to advances in technology, it is possible to improve health care, which is why research begins with the aim of innovating medical care through information and communication technologies. The implementation of new technologies allows the doctor to perform the diagnosis and treatment of neuromuscular diseases regardless of the distance or place of origin in which the patient is located.

The methodology used to obtain the information was the survey addressed to the users of the medical area and the yearbook matrix of health statistics: beds and hospital discharges 2017, facilitated by the National Institute of Statistics and Censuses, in the same way it strengthened the knowledge using scientific reading, thus determining the problems facing the area of physiatry and rehabilitation, so it is concluded that the main shortcoming is the lack of technology and systems updating. Finally, it is necessary to specify that the virtual instrumentation system with remote communication has an electronic interface for the monitoring and control of bioelectric signals, which based on telematic instrumentation has been able to generate a technological strategy that corroborates with the National Telemedicine program / Telehealth - Ecuador.

**Keywords:** Health Informatics, Telehealth, Instrumentation, Telematics, Internet of Things.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD.....	ii
CERTIFICADO DE AUTORÍA .....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento .....	v
Pensamiento.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
Problema científico.....	1
Objeto de estudio .....	2
Objetivos.....	2
Objetivo general .....	2
Objetivos específicos.....	2
Preguntas científicas, hipótesis o ambas.....	2
Justificación de la investigación. Resultados a obtener.....	3
CAPÍTULO I.....	5
1. MARCO TEÓRICO .....	5
1.1 Antecedentes.....	5
1.2 Fundamentación teórica.....	5
1.2.1 Telesalud.....	5
1.2.2 Telemedicina .....	6
a. Monitoreo remoto de pacientes (MRP).....	6
b. Diagnóstico médico y tratamiento en el punto de atención .....	7
Beneficios método sincrónico .....	8

Requisitos .....	8
Beneficios método asincrónico.....	9
1.2.3 Instrumentación.....	9
1.2.4 Instrumentación virtual.....	10
1.2.5 Instrumento de medición EMG .....	10
1.2.6 MyoWare™ Muscle Sensor (AT-04-001).....	11
1.2.7 Tarjeta NodeMCU .....	12
1.2.8 Sistema HMI.....	12
Tipos de HMI.....	13
Comparación de tecnologías inalámbricas .....	13
Plataformas HMI .....	14
Elementos y Características de las Plataformas .....	14
SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES.....	15
CAPÍTULO II.....	16
2 Marco Metodológico. ....	16
2.1 Enfoque metodológico.....	16
2.2 Modalidad de investigación .....	17
2.2.1 Etapa exploratoria y diagnóstica.....	17
2.3 Población, unidades de estudio y muestra .....	18
Población .....	18
Muestra.....	18
2.4 Método empírico y técnicas empleadas para la recolección de información.....	19
2.5 Formas de procesamiento de la información. ....	20
2.6 Metodología seleccionada.....	20
Métodos y técnicas utilizadas en la investigación .....	20
CAPÍTULO III .....	21
3 PROPUESTA .....	21

3.1	Justificación .....	21
3.2	Objetivos.....	22
3.2.1	Objetivo general .....	22
3.2.2	Objetivo específico.....	22
3.3	Viabilidad de la propuesta .....	22
3.3.1	Viabilidad de existencia.....	22
3.3.2	Viabilidad técnica.....	23
3.3.3	Viabilidad económica.....	24
3.4	Presentación de la propuesta.....	25
3.5	Elección de la Tecnología y Arquitectura del Sistema .....	28
3.5.1	Diseño general del sistema HMI. ....	28
3.5.2	Arquitectura del hardware para la comunicación de los instrumentos biomédicos con la interfaz electrónica. ....	29
3.5.3	Arquitectura del software del sistema. ....	37
	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	45
3.6	Validación de la propuesta.....	45
3.7	Pruebas y resultados obtenidos .....	46
3.7.1	Prueba del Electromiógrafo (EMG) .....	46
3.7.2	Electromiograma normal .....	47
3.8	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	51
3.9	Conclusiones.....	61
3.10	Recomendaciones.....	62
	Trabajos citados.....	63
	ANEXOS .....	68
	ANEXO A: GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	69
	ANEXO B: CÓDIGO NODEMCU.....	71
	ANEXO C: FORMATO DE LA ENCUESTA APLICADA .....	87

ANEXO D: EQUIPO MÉDICO IMPLEMENTADO..... 89

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tecnologías de la Telesalud.....	6
Figura 2: Métodos de relación remota.....	7
Figura 3: Concepto general de un sistema instrumental.....	10
Figura 4: Funcionamiento del sistema de Instrumentación virtual.....	26
Figura 5: Esquema general de la propuesta.....	27
Figura 6: Diagrama general remota del sistema HMI.....	29
Figura 7: Diagrama de flujo del sistema de monitoreo local de las señales bioeléctricas... 31	
Figura 8: Sistema de adquisición de las señales bioeléctricas [a] Paciente, [b] tarjeta sensor muscular MyoWare [c] Tarjeta NodeMCU.....	32
Figura 9: Diagrama del SoC (System on Chip).....	33
Figura 10: Esquema Electrónico del electro estimulador:.....	34
Figura 11: Diseño PCB del electroestimulador.....	34
Figura 12: Instalación del soporte a terceros en el IDE.....	35
Figura 13: Instalación del ESP8266.....	36
Figura 14: Librería ESP8266WiFi para NodeMCU.....	36
Figura 15: Tipo de datos.....	37
Figura 16: Conexión de dispositivos a una red.....	37
Figura 17: Diagrama de flujo de la estructura funcional de la interfaz electrónica.....	38
Figura 18: Comunicación Servidor CloudMQTT.....	39
Figura 19: Crear usuario CloudMQTT.....	39
Figura 20: Creando instancias.....	40
Figura 21: Código principal de la página principal.....	41
Figura 22: Pantalla principal de la interfaz electrónica.....	41
Figura 23: Código fuente para generar un historial clínico.....	42
Figura 24: Ingreso de los datos del paciente.....	42
Figura 25: Función enviar condición.....	42
Figura 26: Presentación de los datos EMG.....	43
Figura 27: Interfaz electrónica del Electromiógrafo.....	43
Figura 28: Punto en común para todos los puntos de envío de datos.....	44
Figura 29: Ubicación Cantones de la provincia de Cotopaxi.....	44
Figura 30: Control de transmisión de las señales según el cantón.....	45
Figura 31: Colocación de los electrodos.....	47

Figura 32: EMG del músculo en reposo. ....	48
Figura 33: Registro del músculo en reposo. ....	48
Figura 34: Registro de contracción muscular leve. ....	49
Figura 35: Registro de contracción muscular leve con el instrumento patrón. ....	49
Figura 36: Contracción muscular máxima.....	50
Figura 37: Registro de la contracción máxima del músculo con el instrumento patrón. ....	50
Figura 38: Gráfica de resultado sobre conocimiento de la telemedicina.....	51
Figura 39: Identificación de métodos aplicados en telemedicina.....	52
Figura 40: Existencia de una interfaz electrónica en el área de fisioterapia y rehabilitación. ..	53
Figura 41: Aplicación de la instrumentación.....	54
Figura 42: Implementación de un sistema de instrumentación virtual.....	55
Figura 43: Implementación de un electromiógrafo accesible económicamente.....	56
Figura 44: Implementación de un electroestimulador. ....	57
Figura 45: Implementación interfaz electrónica.....	58
Figura 46: Desarrollo del personal profesional médico.....	59
Figura 47: Innovación del área de rehabilitación. ....	60

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>Tabla 1:</b> Aplicaciones de ancho de banda .....	8
<b>Tabla 2:</b> Característica de la placa del sensor muscular de MyoWare. ....	11
<b>Tabla 3:</b> Componentes principales de la tarjeta NodeMCU .....	12
<b>Tabla 4:</b> Características de la viabilidad técnica. ....	23
<b>Tabla 5:</b> Detalle de costos.....	25
<b>Tabla 6:</b> Arquitectura del hardware seleccionado según la aplicación a ser implementada. .....	29
<b>Tabla 7:</b> Librerías para la interconexión de componentes.....	36
<b>Tabla 8:</b> Rúbrica de evaluación .....	45
<b>Tabla 9:</b> Telemedicina .....	51
<b>Tabla 10:</b> Tipo de métodos.....	52
<b>Tabla 11:</b> Monitoreo y control.....	53
<b>Tabla 12:</b> Instrumentación virtual .....	54
<b>Tabla 13:</b> Necesidad sistema de instrumentación.....	54
<b>Tabla 14:</b> Necesidad implementación de un electromiógrafo .....	55
<b>Tabla 15:</b> Instrumento médico.....	56
<b>Tabla 16:</b> Interfaz electrónica.....	57
<b>Tabla 17:</b> Desarrollo profesional .....	58
<b>Tabla 18:</b> Innovar área de rehabilitación .....	59

## INTRODUCCIÓN

### **Problema científico**

Si bien es cierto que la medicina ha avanzado a pasos agigantados en el país, gran parte de los centros de atención médica están encaminados por auxiliares de enfermería, lo que implica que el personal requiera comunicación continua con un médico especialista para estimar diagnósticos o tratamientos detectados en el paciente, además, debido a que los conocimientos adquiridos por el auxiliar de enfermería son limitados es importante mantener la relación de comunicación, formación y consulta entre profesionales de la misma rama.

En la actualidad el gobierno de Ecuador trabaja orientado al desarrollo del país, proponiendo proyectos de mejoras tecnológicas tanto en educación como en salud, sin embargo, en el documento “Expansión del Programa de Telemedicina a Nivel Nacional” (Mintel & MSP, 2013) menciona que el Ecuador tiene problemas en la dotación de servicios médicos, especialmente en unidades de salud remotas o distantes de los centros de tercer nivel; aquello implica la falta de un médico especialista que permitan cubrir la demanda de pacientes según el caso de cada persona. La falta de un instrumento médico accesible, que permita el diagnóstico y rehabilitación inmediata es preocupante más aun considerando que la mayoría de pacientes que asisten a un centro de atención médica son de bajos recursos. Además, se suman otros inconvenientes en función de la gran diversidad geográfica que contiene el país provocando aislamientos de unidades de salud remotas acompañadas de conflictos de comunicación interna, (Mintel & MSP, 2013).

Por otra parte con el desarrollo de la instrumentación Biomédica y el rol importante que conlleva a la telemática se pretende crear un instrumento médico accesible para los pacientes; mismo que permita el tratamiento de diversas enfermedades neuromusculares a través de una interfaz electrónica de comunicación remota, además que sea de fácil interacción con el usuario en la adquisición, análisis y procesamiento de señales bioeléctricas provenientes del cuerpo humano con la finalidad de aprovechar ciertos instrumentos basados en computadora, mismo que aumentan el rendimiento y reducen el costo de las pruebas, mediciones y aplicaciones de la medicina a distancia.

Considerando que para (Ferrer, 2001) la telemedicina significa “medicina practicada a distancia” y como tal incluye, tanto al diagnóstico como al tratamiento, surge la necesidad de crear un sistema de instrumentación virtual que contenga un modelo de Interfaz Maquina

Humano (HMI), conocida también como una interfaz electrónica de comunicación remota para la adquisición, monitoreo y procesamiento de señales bioeléctricas. De ahí que dentro de la investigación se plantean ciertas interrogantes a resolver, como: ¿El personal médico y pacientes están preparados en el uso de la telesalud?, ¿Se puede diseñar un sistema HMI para el tratamiento de enfermedades neuromusculares, optimizando tiempo y recursos a los pacientes?, ¿El sistema ofrece flexibilidad en cuanto al tratamiento de señales bioeléctricas?, ¿Se puede mantener un sistema de integridad y seguridad de los sistemas de tele monitoreo?, etc.

### **Objeto de estudio**

Aplicar la instrumentación telemática en la implementación de una interfaz electrónica de comunicación remota para el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares.

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

- Diseñar un sistema de instrumentación virtual para el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares.

#### **Objetivos específicos**

- Proporcionar a los entes de cortos recursos económicos el acceso a los servicios médicos de fisioterapia y rehabilitación sin tener que movilizarse de su entorno.
- Elaborar la interfaz electrónica para la adquisición y monitoreo de señales bioeléctricas.
- Implementar el hardware y software necesario para la comunicación entre el instrumento biomédico y la interfaz electrónica.
- Realizar pruebas de validación del sistema de instrumentación virtual implementado.

#### **Preguntas científicas, hipótesis o ambas**

- ¿El sistema Interfaz Maquina Humano (HMI) para el procesamiento de las señales bioeléctricas permite que distintos usuarios tengan acceso a una base de datos o archivo común?
- ¿Existe motivación para que los pacientes sean innovadores y utilicen la medicina practicada a distancia?

- ¿Está a disposición de los médicos especialistas recursos tecnológicos inalámbricos?
- ¿El costo y el rendimiento del sistema HMI son reducidos, debido a que los dispositivos a ser programados son open source?
- ¿Qué nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica se puede aplicar en el procesamiento de señales bioeléctricas?

### **Justificación de la investigación. Resultados a obtener.**

Los cambios radicales en las tecnologías de la información están orientadas directamente al desarrollo de la telemedicina, y es que la relación del hombre con la tecnología es compleja ya que él las crea y la utiliza para amplificar sus sentidos, pero a la vez, la propia tecnología lo transforma a si mismo junto a la sociedad. Es por lo mencionado que vivimos en una época donde la información y los servicios se han dotado de nuevas tecnologías llegando a ser parte de una sociedad más que una vanidad una necesidad.

Debido a la facilidad de acceso al internet existe dispositivos tecnológicos que pueden ser optimizados como instrumentos de adquisición, monitoreo y procesamiento de señales, tanto en envío de datos como recepción de datos a grandes distancias, ocasionando cambios radicales con ciertas ventajas en la medicina, una de ellas es la accesibilidad ya que no importa el lugar en el que se encuentre el paciente, lo importante será que exista la tecnología mínima para enlazarse a un teleconsultorio, la segunda ventaja es la eficiencia, lograda a través de un diagnóstico rápido y preciso. En este sentido, se puede decir que el uso de la tecnología inalámbrica según el tema médico, es un sistema que facilita el acceso rápido a la atención médica; ya que, gracias al desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación, la implementación del sistema virtual remoto permite diagnosticar una enfermedad neuromuscular sin importar los sitios distantes, todo gracias a los beneficios que brinda la tecnología moderna.

Se plantea realizar esta investigación, misma que busca, establecer un sistema de instrumentación virtual que aporten a la calidad de la atención médica, partiendo de un proceso de mejora en los servicios de atención para la detección y tratamiento de enfermedades neuromusculares.

Como soporte al desarrollo de la interfaz electrónica para la adquisición, monitoreo y procesamiento de señales bioeléctricas, la aplicación de la instrumentación telemática dentro de la telesalud conlleva procedimientos adecuados y relevantes que, según la aplicación

remota a implementar; es necesario se determine el método, el equipamiento y el tipo de conectividad apropiado que tenga dependencia con la estación remota, considerando que existe estaciones básicas y avanzadas.

Finalmente, cabe mencionar que el interés de generar un sistema de instrumentación virtual remoto para la mejora de la atención médica, es con el fin de entregar una estrategia tecnológica que corrobore con el programa Nacional de Telemedicina/Telesalud – Ecuador mismo que tiene como objetivo cubrir las áreas rurales vulnerables en donde la accesibilidad medica de sus habitantes son limitadas, (Intel & MSP, 2013).

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes.

Los adelantos científicos en el ámbito de la instrumentación biomédica son imparables, aquello conlleva a explotar la tecnología de la comunicación y la información como parte fundamental de la medicina. Hoy en día los países subdesarrollados en el área de la tecnología aplican sus conocimientos en la innovación de los centros médicos u hospitalarios aprovechando los beneficios que tiene la telesalud, telemedicina. La telesalud con el pasar del tiempo empieza a ocupar un papel muy importante en la sociedad debido a su contexto clínico, incluso por su forma fácil y directa del procesamiento de la información en salud.

Para comprender los beneficios que contiene la telesalud es necesario iniciar entendiendo que la medicina asistida por computadora desde el análisis del cuidado de la salud del paciente, es un método que permite al profesional médico diagnosticar, registrar y tratar la enfermedad de un persona sin importar que tan distante se encuentren, (Ibañes, Zuluaga, & Trujillo, 2007).

Los avances en tecnología de información de salud (TI de salud) son muy prometedores para ayudar a las comunidades pequeñas y rurales a superar los desafíos en la provisión de atención médica, como la distancia y la escasez de personal. A pesar del progreso en los últimos años, las tasas de adopción siguen siendo bajas para las tecnologías de información de salud clínica, como los registros de salud electrónicos (EHR), los sistemas de entrada de pedidos de proveedores computarizados (CPOE) y los registros de administración de medicamentos electrónicos (eMAR), (Singh, 2017).

### 1.2 Fundamentación teórica

#### 1.2.1 Telesalud

La telesalud simplemente se define como un sistema electrónico de comunicación que se emplean a cualquier distancia, siendo su principal objetivo mejorar la salud de la población, y la atención médica, así como la educación, capacitación, administración e investigación, (MedlinePlus, 2018).

La existencia de equipos tecnológicos como tablets, teléfonos inteligentes, computadoras entre otros, ayuda al profesional médico a monitorear constantemente a sus pacientes, sin la

necesidad en que la persona tenga que asistir al consultorio. Lograr la calidad de servicio en el área de salud no solo basta en considerar el comportamiento profesional, sino también en aprovechar ciertas tecnologías para brindar un servicio de excelencia que todo paciente necesita, (MedlinePlus, 2018).

### ***Componentes de la telesalud***

La telesalud abarca ciertas áreas que están compuestas por una gran variedad de tecnologías que benefician directamente a toda una sociedad, a la vez consigue conservar su salud mediante la prevención, promoción, diagnóstico, auto atención y tratamiento a través de dispositivos portátiles de diagnóstico y monitoreo. A continuación, en la Figura 1 se muestra la gama de tecnologías compuestas por la telesalud.

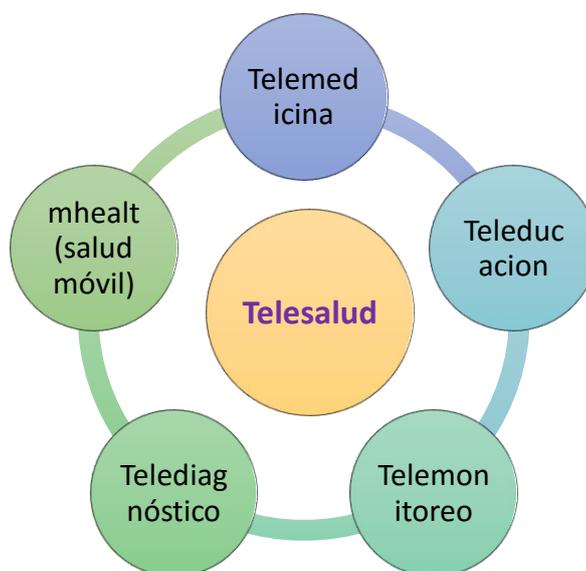


Figura 1: Tecnologías de la Telesalud.  
Fuente: (Barrios, 2015).

#### **1.2.2 Telemedicina**

La telemedicina consiste en brindar los servicios profesionales médicos a través de una interfaz electrónica, misma que permite interactuar el intercambio de información entre los profesionales médicos, de tal forma que ayude a proporcionar: educación y cuidados a los pacientes, con el fin de mejorar la calidad de la atención, proceso que incluye actividades de consulta, diagnóstico y tratamiento, (Jiménez Barbosa & Acuña Gómez, 2015).

##### **a. Monitoreo remoto de pacientes (MRP)**

Es un sistema tecnológico inalámbrico que permite monitorear a los pacientes de tal forma que la información captada se envíe a un dispositivo móvil fuera de la tecnología

clínica convencional. Para que el MRP registre el comportamiento de un paciente necesita de determinados sensores bioeléctricos para que adquiera la señal fisiológica y mediante un dispositivo electrónico transmita de manera inalámbrica la información que será analizada por un especialista médico, (National Institutes of Health, 2016).

### **b. Diagnóstico médico y tratamiento en el punto de atención**

El punto de atención, simplemente se refiere a la destreza que muestra el profesional médico al instante de examinar y diagnosticar una posible enfermedad a los pacientes y todo sin la necesidad que las personas tengan que viajar a donde se encuentre el profesional médico. En otras palabras, en lugar que un paciente asista al hospital para sus exámenes el cual le implica tiempo y gastos innecesarios existe el tratamiento en el punto de atención.

El instituto nacional de telesalud considera que la medicina “punto de atención” es especialmente útil para las comunidades con acceso limitado a los grandes centros de salud, como las zonas rurales o de bajos recursos, (National Institutes of Health, 2016).

### ***Tipos de telemedicina***

La teleconsulta forma parte de la telemedicina abarcando dos métodos importantes para el desarrollo de la medicina, cada método debe ser orientado según la aplicación a ser implementado. La Figura 2, muestra los métodos de la relación remota.

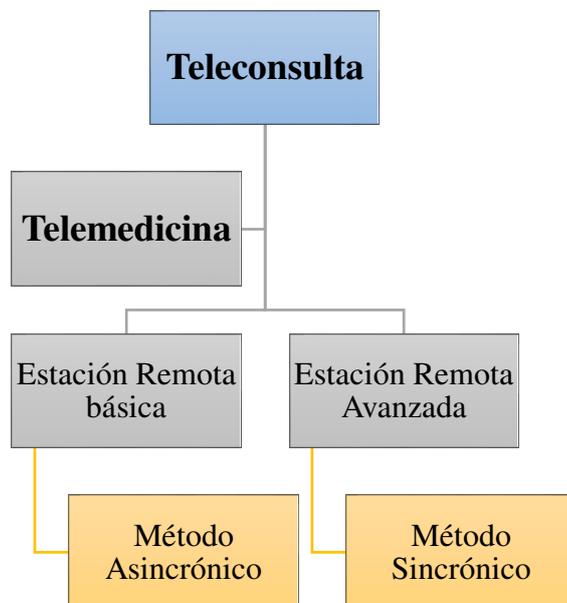


Figura 2: Métodos de relación remota.  
Fuente: (Santos & Fernández, 2013).

### ***El método sincrónico***

Forma parte de las redes digitales que permite la comunicación online de persona a persona; es decir, al mismo instante en que se transmite la información los usuarios pueden interactuar en tiempo real a través de una computadora, (Santos & Fernández, 2013).

### **Beneficios método sincrónico**

El método sincrónico permite un cambio en la comunicación remota, orientado al beneficio y aporte de una sociedad vulnerable a situaciones de aislamiento; más aún, considerando que existen personas que habitan en lugares rurales o aislados, limitados a tener accesibilidad y atenciones en ciertas áreas como por ejemplo el cuidado de la salud.

A continuación, se presentan los principales medios utilizados en la comunicación sincrónica:

- Las videollamadas entre varias personas ubicadas en distintos en lugares geográficos.
- Chats de interacción e inclusión de grupos.
- Las salas de reunión virtual.
- Los videófonos.

### **Requisitos**

El ancho de banda mínimo varía según la aplicación a cuál se requiera aplicarla. La **Tabla 1** describe algunas aplicaciones.

**Tabla 1:** Aplicaciones de ancho de banda

<b>Ancho de banda</b>	<b>Aplicaciones</b>
64 kbps	Son netamente utilizados para transmisión de datos en donde no sea relevante la alta resolución. La característica principal es el no tener inconveniente en la aparición del tiempo de desfases.
128 kbps	Su principal uso se la realiza en aplicación dentro de una empresa ya que sus distancias son netamente cortas como por ejemplo conferencias internas.

384 kbps	Se las utiliza cuando se requiere transmitir imágenes y voz al mismo tiempo, es decir de uniformemente sincronizadas.
512 kbps	Se la aplica para reuniones de negocios ya que la calidad es sumamente alta y su resolución y procesamiento de movimientos son muy uniformes tanto que el desfase entre audio y video es difícil de detectarlo.
Mayor o igual que 768 kbps	Mencionado ancho de banda es el más pertinente para la telesalud ya que permite la transmisión de imágenes médicas sin importar la distancia.

Nota. Tabla adaptada de (Santos & Fernández, 2013). “Desarrollo de la telesalud en América Latina”.

### ***El método Asincrónico***

El método asincrónico transmite datos, imágenes y videos en una amplia gama de velocidades orientado para el área institucional en el que se localicen geográficamente dispersos. A diferencia del método síncrono no es necesario que la persona que transmite y quien recepta se encuentren presentes en tiempo real ya que la característica principal del método síncrono es guardar y reenviar la información, (Santos & Fernández, 2013).

### **Beneficios método asincrónico**

- Flexibilidad de enlazar un amplio rango de equipos de telecomunicaciones.
- La comunicación que manejan los usuarios es ilimitada, por lo que pueden analizar casos en donde requieran solventar soluciones sin necesidad que los usuarios estén presentes de forma física.
- Los usuarios que adquieren los datos e información tienen acceso indeterminado para revisar el contenido las veces que lo requiera.
- En educación a distancia es un método más aplicado por los instrumentadores de red ya que al implementar esta red los usuarios pueden estudiar y analizar las clases repetidamente.

### **1.2.3 Instrumentación.**

La instrumentación es una rama científico-teórica cuyo objetivo es mejorar la capacidad de percepción de la realidad mediante el uso de cualquier tipo de técnicas y sistemas. La

percepción de la realidad hace referencia a la extracción de información del entorno, de un sistema o de un proceso mediante la identificación y cuantificación de sus variables características, (Pérez García, 2014).

Los sistemas que se encargan de estas funciones se pueden denominar sistemas de instrumentación, sistemas de medida o sistemas instrumentales. La Figura 3 muestra un diagrama de bloques general de la conceptualización de un sistema instrumental, (Pérez García, 2014).

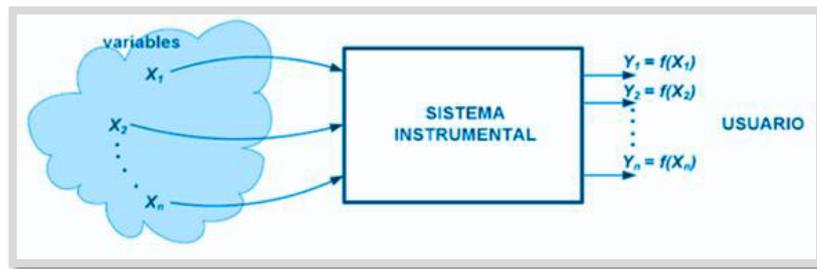


Figura 3: Concepto general de un sistema instrumental.  
Fuente: (Pérez García, 2014).

#### 1.2.4 Instrumentación virtual

Consiste en un entorno de programación gráfica que permite el control y la simulación de cualquier instrumento local o remoto y, al mismo tiempo, es una herramienta potente de adquisición y procesado de señales, (Granda Miguel & Mediavilla Bolado, 2010).

##### *Instrumento virtual*

Es un módulo de software que simula el panel frontal y las funciones de un instrumento real y basándose en todos los instrumentos físicos que pueden ser accesibles para el ordenador como el ethernet realiza una serie de medidas como si se tratase de un instrumento real, (Granda Miguel & Mediavilla Bolado, 2010).

#### 1.2.5 Instrumento de medición EMG

Es un equipo médico que permite medir el comportamiento del potencial eléctrico de la musculatura de una persona, mencionado instrumento se lo conoce como electromiógrafo. Desde años atrás hasta la actualidad, el electromiógrafo se utiliza en la investigación médica para el diagnóstico de trastornos neuromusculares. Sin embargo, Con la llegada de microcontroladores y circuitos integrados cada vez más reducidos y más potentes, los circuitos EMG y sensores han encontrado su camino en las prótesis, la robótica y otros sistemas de control, (Advancer Technologies, 2015).

### 1.2.6 MyoWare™ Muscle Sensor (AT-04-001)

Es el último sensor de electromiografía (EMG) de Advancer Technologies que utiliza un EMG para registrar (graficar) la actividad eléctrica (electro) de los músculos (myo), (Sparkfun, 2018).

En la **Tabla 2** se describe las características principales del Sensor Muscular MyoWare

**Tabla 2:** Característica de la placa del sensor muscular de MyoWare.

Característica	Descripción
Single-abastecimiento	MyoWare no necesitará $\pm$ voltaje de suministro de energía! A diferencia del sensor anterior, ahora se puede conectar directamente a placas de desarrollo de 3.3V - 5V, (Sparkfun, 2018).
Conectores de electrodos integrados	Los electrodos se conectan directamente a MyoWare.
Salida RAW EMG	MyoWare tiene una salida secundaria de la forma de onda RAW EMG.
Polarity Protected Power Pins	Protección para que los chips del sensor no se quemen cuando la alimentación se conecta accidentalmente hacia atrás.
Interruptor de ENCENDIDO / APAGADO	Hablando de quemar la placa, Advancer Technologies también agregó un interruptor de alimentación a bordo para que pueda probar sus conexiones de energía más fácilmente. También es útil para ahorrar energía.
Indicadores LED	Advancer Technologies agregó dos LED incorporados, uno para avisarle cuando la alimentación de MyoWare está encendida y el otro se iluminará cuando su músculo se flexione, (Sparkfun, 2018).

Nota. Tabla adaptada de (Sparkfun, 2018). “*Sensor muscular MyoWare*”.

### 1.2.7 Tarjeta NodeMCU

La tarjeta NodeMCU toma prestada librerías de Arduino, para simplificar el desarrollo en ESP8266. Tiene dos componentes principales. En la **Tabla 3** se detalla las características principales de la tarjeta NodeMCU.

**Tabla 3:** Componentes principales de la tarjeta NodeMCU

Componente	Descripción
Firmware ESP8266	El entorno para el desarrollo del código de programación es dinámico, está basado mediante el software desarrollador Lua incorporado, que es un lenguaje muy simple y rápido para crear scripts y que tiene establecida una comunidad de desarrolladores, (IBM Developer, 2017).
Tarjeta DEVKIT	Es una tarjeta estándar de circuitos conexos que tiene incorporado el chip ESP8266. DEVKIT cuenta con una conexión de puerto USB directamente conectado con el ESP8266. Adicional tiene un botón para reintegrar el hardware, y lo más interesante es que cuenta con conectores de entrada y salidas de propósito general (GPIO), (IBM Developer, 2017).

Nota. Tabla adaptada (IBM Developer, 2017). “Internet of Things”.

### 1.2.8 Sistema HMI

Las siglas HMI es la abreviación que significa “Human Machine Interface”, mencionados sistemas pueden estar en una ventana mismo que se encuentran en dispositivos especiales como paneles indicadores o a través de un software ubicado en una computadora. El software permite contar con una interfaz electrónica para visualizar el comportamiento de las señales adquiridas de un sistema, a su vez permite integrar registros y manejo de seguridades para control y monitoreo de las señales eléctricas.

Un sistema HMI también tiene un software de ejecución permitiendo comunicarse con los dispositivos externos visualizando las variables detectadas por los sensores. Al

implementar un sistema HMI se logra, que los sistemas de telesalud sean escalables y confiables mismo que permita llevar un registro para su respectivo análisis. Hoy en día debido a que todo sistema médico esta implementado con controladores electrónicos que tienen entradas y salidas de comunicación hace que la conexión entre los dispositivos sea eficaces, sencillos y económicos con el proceso o equipos médicos, (Cobo, 2011).

### **Tipos de HMI**

El sistema HMI se divide en dos principales tipos necesarios a considerar en la implementación de una interfaz electrónica; entre ellos tenemos:

**Terminal de Operador.** - este tipo debe ser un dispositivo que soporte ambientes bruscos que presenten pequeñas líneas de texto o despliegues alfanuméricos, lo que a diferencia de un panel de mando se adquiere una comunicación mejorada. Un terminal de operador más utilizado son las pantallas touch que mediante una PC se carga el software para realizar una determinada aplicación según el caso a ser implementado.

Con lo que se refiere al segundo tipo de HMI tenemos a los softwares a instalar en el PC de modo que a través de una interfaz electrónica se lleve un control y monitoreo de cualquier proceso.

**Software HMI.** – existen varias opciones de software para la implementación de un HMI, sin embargo, para el desarrollo de la interfaz electrónica en el área de la telemedicina es necesario aplicar una interfaz de usuario basado en iconos y menú de selección que permita representar un objeto para el monitoreo correspondiente. Cabe mencionar que es importante trabajar con texto ya que eso permite interpretar adecuadamente la distribución de un proceso, (Cobo, 2011).

### **Comparación de tecnologías inalámbricas**

Al revisar las tecnologías inalámbricas se puede determinar que, para la implementación del sistema de instrumentación virtual se requiere como opción a la tecnología Wifi ya que, a diferencia de las tecnologías Bluetooth, redes Ad-Hod la cobertura que se requiere cubrir es de 100 metros hasta 1 Km suficiente para que el dispositivo médico logre conectarse a la red de internet.

Cabe mencionar que el ancho de banda con el que trabaja la topología de la red wifi contiene los rangos exigentes por el método síncrono a ser utilizado. Gracias a las tarjetas

desarrolladoras del internet de las cosas se puede aprovechar la red Wifi en la interconexión de unidades médicas, de tal forma que se evite utilizar cableados sobre todo cuando se trata de brindar soluciones apropiadas al acceso de la salud, (Viloria Núñez, Cardona Peña, & Lozano Garzón, 2009).

## **Plataformas HMI**

### **Elementos y Características de las Plataformas**

Para que las funciones de la plataforma HMI sean adecuadas deben contener como mínimo ciertos parámetros, que se agrupan en:

**Herramientas de distribución.** - permiten al profesional médico poner a disposición de los pacientes la información en forma de archivos que mantienen diversos formatos, tales como .pdf, .txt, y .png organizados a través de directorios.

**Herramientas de comunicación.** - en este punto interviene la aplicación de los métodos de comunicación ya sea síncronas o asíncronas orientados a los foros de preguntas e intercambio de información, puede ser también el uso del Chat, mensajería individuales o grupales. Las Herramientas de comunicación permiten realizar reportes de la actividad muscular de cada paciente.

**Herramientas de administración.** - Permite la asignación de permisos, generando contraseñas de autenticación en el que la persona en función de médico o auxiliar de enfermería, debe ingresar el nombre y contraseña para el ingreso a la plataforma virtual. El administrador mantiene privilegios jerárquicos como son el de ingresar o eliminar usuarios, a diferencia de un auxiliar de enfermería que solo podría registrar usuarios mas no eliminarlos del sistema, (Sánchez, 2008).

### **Procesamiento digital de señales bioeléctricas**

Una señal se define como cualquier magnitud física que varía con el tiempo, el espacio o cualquier otra variable o variables independientes. Matemáticamente, describimos una señal como una función de una o más variables independientes, (Proakis & Manolakis, 2007).

La señal eléctrica se define como una señal creada por un principio electromagnético mismas que son representadas mediante corrientes o voltajes que suministran información.

En el campo de la instrumentación biomédica una señal eléctrica entrega valores en escalas de milivoltios, microamperios y mili Hertz, (Barchiesi, 2008).

El procesamiento de señal, es un método electrónico que permite analizar y manipular la información entregada por un elemento primario. El tratamiento de la señal consiste en aplicar operaciones lógicas a los datos obtenidos según el comportamiento de una variable, esto se los puede realizar mediante circuitos analógicos y digitales, (Barchiesi, 2008).

El procesamiento digital de señales biomédicas, consiste en acondicionar la señal entregada por el sensor ya que los valores de tensión adquiridos son sumamente pequeños; posterior a ello es necesario atenuar las frecuencias no deseadas mediante filtros y finalmente mediante un microcontrolador se convierte la señal analógica a una señal digital con el propósito de obtener una información en el dominio del tiempo y la frecuencia, (Barchiesi, 2008).

## **SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES**

**Variable dependiente:** Enfermedades Neuromusculares.

**Variable independiente:** Aplicación Instrumentación Telemática.

## CAPÍTULO II

### 2 Marco Metodológico.

#### 2.1 Enfoque metodológico.

Durante esta investigación se utiliza un enfoque cuali-cuantitativo según los autores (Ruiz Manuel, Borboa, & Rodríguez, 2013) en el artículo EL ENFOQUE MIXTO DE INVESTIGACIÓN EN LOS ESTUDIOS FISCALES, señalan; que la investigación cualitativa estudia la eficacia de la información recolectada mediante un enfoque metodológico que permite un acercamiento a la realidad dentro de un marco contextual. En toda investigación cualitativa se lleva un registro narrativo que permite aplicar los instrumentos como fichas de observación o entrevistas no estructuradas. La metodología cualitativa son técnicas interpretativas que ayudan a comprender las situaciones problemáticas junto a ello también ayuda a identificar las posibles soluciones a un determinado problema. Antes de proponer se requiere comprender un fenómeno social en el cual se ha planteado las preguntas y donde sus resultados no son generalizables. El problema requiere una investigación naturalista para indagar la relación entre causas y efectos de los fenómenos estudiados. Además, se concluye en la necesidad de aplicar un enfoque contextualizado ya que los resultados obtenidos serán únicos e irrepetibles.

Además, según los autores (Ruiz Manuel, Borboa, & Rodríguez, 2013) se menciona que el enfoque cuantitativo es uno de los pasos más importantes y decisivos de la investigación sobre todo al instante de elegir un método riguroso que permita encontrar diversas alternativas que respondan a las hipótesis y objetivos planteados en un principio. De una acertada decisión dependerá obtener respuestas positivas para solventar el problema identificado.

Con la aplicación del enfoque cuali-cuantitativo se logra impulsar el proceso de implementación en el desarrollo de un sistema de instrumentación virtual con base a cumplir el propósito de toda investigación. Por tal razón el progreso de la propuesta es de enfoque cuantitativo, ya que a través de la aplicación de las encuestas al personal interno como externo de los centros de atención médica de la provincia de Cotopaxi permite la recolección de datos que a la vez se puede probar las hipótesis con base a la medición numérica y el análisis estadístico.

De acuerdo a lo mencionado en los párrafos anteriores, para el desarrollo del presente trabajo se utilizó el enfoque mixto, en virtud de que su etapa contiene un análisis cualitativo y un análisis cuantitativo mismos que permiten identificar de forma adecuada el propósito de la investigación, razón por la cual es conveniente aplicar para obtener información.

## **2.2 Modalidad de investigación**

Para el avance exitoso de la investigación, se aplica ciertas áreas de la practica científica como es la investigación de campo ya que es necesario realizar un estudio sistemático de los hechos donde se genera el problema, con el fin de obtener información directa que es útil en el desarrollo de la propuesta de tal forma que apoya a la fundamentación de los objetivos planteados.

De igual manera se aplica la investigación bibliográfica y documental mediante libros, revistas científicas y publicaciones electrónicas para poder profundizar diferentes enfoques con respecto al tema de la investigación.

La investigación se desarrollará por cuatro etapas fundamentales que muestran su dinámica: etapa exploratoria y diagnóstica, etapa de establecimiento de necesidades, etapa de implementación y finalmente la etapa de la evaluación del resultado científico.

### **2.2.1 Etapa exploratoria y diagnóstica**

En esta etapa se determinó el tema de interés a ser investigado, basando en los problemas que existe con la tecnología de la medicina esto a la vez se realiza un análisis diagnóstico de las necesidades reales mediante un trabajo de campo.

- **Etapa de establecimiento de necesidades**

En esta etapa acorde al diagnóstico de necesidades se establece los posibles inconvenientes a ser solucionados se identifica y comprende el problema, se genera una serie de necesidades mediante las que se permite obtener una solución y acceder a la etapa de implementación.

- **Etapa implementación**

En esta etapa se implementa la propuesta científica en su estructura y funcionalidad, se establece los elementos adecuados para el sistema de instrumentación virtual.

- **Etapa de evaluación del resultado científico**

La evaluación de la propuesta científica se realiza de forma teórica, a través de la valoración por criterios de expertos y de forma empírica a partir de su implementación parcial.

### **2.3 Población, unidades de estudio y muestra**

Los beneficiarios que van a hacer uso de la implementación de un sistema de instrumentación virtual para el área de fisioterapia y rehabilitación indirectamente son de tipo consumista, ya que debido a la ubicación geográfica de la ciudad de Latacunga las personas habitantes de su alrededor son propensas a tener enfermedades neuromusculares, por lo tanto, para el análisis se integrará con toda la población activa de la ciudad de Latacunga.

Dentro de este estudio se analiza factores importantes los mismos que ayudan a determinar que el servicio de instrumentación médica sea aceptado de la mejor manera.

El tamaño del mercado objetivo para la investigación, está constituido por el sector rural, específicamente aquella población que económicamente es de bajos recursos., proyección constituido por 320110 habitantes, dato que se obtuvo mediante el SIISE (Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador) los mismos que están basados de acuerdo con último Censo de Población y Vivienda, realizado en el país (2014) por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC), donde también nos indica que el promedio de crecimiento de la población se encuentra en el 1,9 %.

#### **Población**

En la provincia de Cotopaxi más de 3300 personas se ven afectadas por alguna forma de enfermedad neuromuscular, (INEC, 2014).

#### **Muestra**

Debido a que el número de personas que sufre de enfermedades neuromusculares es extenso, limita que se pueda aplicar la encuesta a toda la población; por tal razón se determina una muestra, misma que representará al total de las personas que sufren enfermedades neuromusculares. Para calcular el tamaño de la muestra se empleará la siguiente fórmula:

*En donde:*

$$n = \frac{N}{(N - 1)(e)^2 + 1}$$

$n =$  muestra.

$N =$  población.

$e =$  margen de error.

El margen de error con el que se trabajará será del 7%, el cual es un valor intermedio ya que este índice puede estar hasta 10%.

La utilización de la fórmula para el cálculo de la muestra es óptima en este estudio debido a que:

- El muestreo es probabilístico.
- Dentro de la investigación realizada las variables son de tipo cualitativo.

DATOS

$$N = 3300$$

$$E = 7\%$$

$$n = \frac{3300}{(3300 - 1)(0,07)^2 + 1}$$

$$n = 192$$

Para obtener un resultado preciso, según el cálculo se debe trabajar con una muestra igual a 192 misma que representa una parte de la población que sufre de enfermedades neuromusculares en la provincia de Cotopaxi; sin embargo cabe mencionar, que la implementación del sistema de instrumentación virtual pretende innovar el área de fisioterapia y rehabilitación de los 10 centros de atención médica existentes de la provincia, la encuesta será aplicada a 10 profesionales médicos de cada centro de salud.

#### **2.4 Método empírico y técnicas empleadas para la recolección de información**

Para la realización del procesamiento y análisis de los datos se lleva cabo los siguientes parámetros:

- Recolección de datos mediante la utilización de encuestas.

- Revisión crítica de la información obtenida.
- Lectura de artículos relacionados con la investigación presentada.
- Juicio de expertos para validar la información.

## **2.5 Formas de procesamiento de la información.**

Como se explicó anteriormente en el cálculo de la muestra, la encuesta está dirigida al profesional médico de los 10 centros de salud por lo que la información adquirida permite identificar problemas o necesidades. Mencionado procesamiento y análisis de la información se la presenta en el capítulo III.

## **2.6 Metodología seleccionada**

### **Métodos y técnicas utilizadas en la investigación**

El desarrollo cuantitativo de la variable independiente Aplicación de la Instrumentación Telemática y la variable dependiente Enfermedades Neuromusculares, se despliega a partir de métodos estadísticos que se han practicado en el proceso de obtención, representación, simplificación, análisis, interpretación y proyección de las características, variables o valores numéricos con el único objetivo de medir la capacidad cuantitativa para una mejor comprensión de la realidad y una optimización en la toma de decisiones.

De este modo, el procesamiento estadístico de los datos se genera a partir de una encuesta realizada sobre una muestra de sujetos representativos, mencionado instrumento en la recolección de datos es relevante y sobre todo pertinente para el ámbito de la medicina, dada la relación que existe entre los sistemas abiertos, no es posible evitar su utilización ligada a la evaluación, diagnóstico, análisis de necesidades, búsqueda y almacenamiento de información.

## CAPÍTULO III

### 3 PROPUESTA

En este capítulo se detalla la propuesta y las etapas de diseño donde se determinan las herramientas que permiten desarrollar el hardware y software para la creación de una interfaz electrónica también conocida en la instrumentación virtual como HMI que significa “Human Machine Interface”. El sistema de comunicación propuesto tiene como objetivo permitir el monitoreo y control de las enfermedades neuromusculares. Además, como soporte al desarrollo práctico del sistema de comunicación, la instrumentación telemática permite el procesamiento, almacenamiento de los datos e información relacionados con la medición de una o varias señales bioeléctricas en base al uso del computador personal como instrumento de medición. Es definitiva, el instrumento virtual propuesto no se basa solo con la adquisición de la señal, sino que también involucra la interfaz hombre-máquina, las funciones de análisis y procesamiento de señales.

#### 3.1 Justificación

Los Institutos Nacionales de la Salud mencionan que las enfermedades neuromusculares (ENM) son un grupo de enfermedades neurológicas progresivas que afectan a los nervios encargados de controlar los músculos voluntarios. (National Institute of Neurological Disorders and Stroke, 2007). Según las estadísticas facilitadas por (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2017) se estima que los trastornos neuromusculares más representativos en determinadas provincias son la: Esclerosis lateral amiotrófica, distrofia muscular, miastenia grave, provocando debilidad y atrofia en los músculos de las personas.

Tomando en cuenta que las ENM afectan a los músculos de cuerpo es relevante que las personas que sufren de afecciones musculares deben mantener un control y tratamiento de las enfermedades neuromusculares de manera continua. Sin embargo en función a lo descrito por (Mintel & MSP, 2013) el Ecuador atraviesa inconvenientes, debido a la falta de servicios médicos, más aun cuando se requiere cubrir las áreas rurales que se encuentran ubicadas en sitios distantes de los centros de atención médica; todo aquello refleja la carencia de médicos especialistas y a su vez la escasez de recursos por lo que surge la necesidad de diseñar un instrumento médico accesible para los pacientes que permita adquirir las señales EMG mediante comunicación remota distante con el único propósito de elevar la calidad de

atención médica dando respuesta de atención oportuna a diversas necesidades surgidas para el área de fisioterapia y rehabilitación.

La aplicación de la instrumentación telemática para el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares permite implementar un sistema de instrumentación virtual mismo que contiene una interfaz electrónica con comunicación remota pretendiendo brindar al personal médico la facilidad de comunicarse a distancia entre el auxiliar de enfermería y los pacientes de tal forma que también se corrobore al Programa Nacional de Telesalud/Telemedicina de Ecuador tal como se menciona en la página 39 del informe de (Asociación Iberoamericana de Telesalud y Telemedicina (AITT), 2015)

## **3.2 Objetivos**

### **3.2.1 Objetivo general**

- Diseñar un sistema de comunicación virtual para el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares como soporte a la unidad de salud remotas.

### **3.2.2 Objetivo específico**

- Proporcionar una interfaz electrónica que permita el análisis de las señales EMG.
- Contribuir a la salud con un instrumento médico accesible para los usuarios que permita el tratamiento de las enfermedades neuromusculares.
- Innovar el proceso de atención en el área de fisioterapia y rehabilitación de un establecimiento de salud.

## **3.3 Viabilidad de la propuesta**

### **3.3.1 Viabilidad de existencia.**

Es necesario mencionar que el uso del sistema de telesalud en el país se inició con un plan piloto proyectado a trabajarse en tres fases. La primera fase está prevista realizarse desde el 2009 hasta el 2011 todo aplicado en las provincias de Morona Santiago, Pastaza y Napo. Gran parte de la ejecución del proyecto, son financiados por el fondo de telecomunicaciones (FODETEL). La segunda fase está centrada en trabajar la telesalud como proyectos dirigidos a las provincias amazónicas; para ello se tiene como fechas de ejecución iniciar desde el 2011 hasta el 2012. Finalmente cabe mencionar que la tercera fase

se trata de cubrir toda el área nacional, (Asociación Iberoamericana de Telesalud y Telemedicina (AITT), 2015).

El Programa Nacional de Telemedicina se efectúa bajo la dirección del Ministerio de Salud Pública, en conjunto al Proceso de Ciencia y Tecnología bajo el respaldo directo de determinadas instituciones públicas y privadas. Los aportes y colaboración están orientadas con el único lucro de aportar a una sociedad vulnerable, la factibilidad de acceder a diversas atenciones médicas según sea el caso. Se mantiene una visión firme por entregar soluciones viables en la propuesta que, a través del desarrollo de los proyectos, poco a poco darán revestimiento a las 24 provincias del Ecuador, (Asociación Iberoamericana de Telesalud y Telemedicina (AITT), 2015).

Si bien es cierto que se han aplicado un plan piloto de telemedicina en determinados hospitales, cabe mencionar que, en la provincia de Cotopaxi bajo el análisis de las necesidades identificadas en el área de fisioterapia, rehabilitación y en función a la población que se desea beneficiar se requiere incorporar una mejora tecnológica a través de un sistema de instrumentación virtual que permita la innovación pertinente para el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares a grandes distancias.

Gracias a los avances tecnológicos hoy en día la instrumentación biomédica cuenta con dispositivos electrónicos de aplicaciones específicas que permiten implementar un electromiógrafo y electroestimulador confiable; es así como se logra cumplir con el segundo y tercer objetivo específico planteado para el desarrollo de la propuesta.

### 3.3.2 Viabilidad técnica

La ejecución de la propuesta implica considerar determinadas características técnicas las cuales permiten la implementación del sistema de instrumentación virtual. La **Tabla 4** muestra las características técnicas necesarias del proyecto mismas que permiten la viabilidad y cumplimiento de los objetivos planteados para la implementación del sistema.

**Tabla 4:** Características de la viabilidad técnica.

<b>Características mínimas</b>	<b>Descripción</b>
Infraestructura física y de conectividad	Hoy en día cada provincia del Ecuador cuenta con establecimientos propios de salud, por tal razón para la implementación del sistema de instrumentación virtual

	propuesto se dispone de una infraestructura física y de conectividad.
Selección del método de telesalud a ser implementado	Existen dos métodos sea el método sincrónico o método asincrónico mismos que según la aplicación a implementarse debe ser seleccionado.
Ancho de banda	El ancho de banda apropiado para utilizar debe ser mayor o igual a los 768 kbps ya que el rango identificado permite transmitir imágenes médicas a grandes distancias.
Equipar a las unidades de salud seleccionadas.	La disponibilidad del instrumento médico debe ser lo suficientemente accesible para el área de fisioterapia, rehabilitación y para las personas de bajos recursos; siendo a la vez un instrumento que tenga comunicación remota de fácil manejo para el usuario.
Capacitar a los usuarios involucrados que manipularan el sistema.	Una vez implementado el sistema de telemedicina como prioridad es necesario generar la capacitación integral de los profesionales encargados de operar mencionados sistemas. El personal científico y técnico por lo regular en hospitales y centros de atención médica Nivel I, sean estos rurales y/o urbanos, rotan demasiado, razón por la cual las capacitaciones teórico-prácticas deben ser permanentes.

Nota. Tabla adaptada de (López, Guaman, Vilela, & Echanique, 2010). *“Programa Nacional de Telemedicina/Telesalud – Ecuador”*.

### 3.3.3 Viabilidad económica

Como parte impulsiva a la implementación del sistema de instrumentación virtual y la elaboración del equipo médico; es necesario considerar el análisis de la parte económica,

con el propósito de permitir que el proyecto brinde la provisión de servicios de calidad y accesibilidad para las personas con síntomas de enfermedades neuromusculares.

La ley orgánica de salud en el ítem c, del artículo 9 menciona que es responsabilidad del estado considerar la salud pública favorecer ante algún interés comercial o económico (Ley Orgánica de Salud, 2012); por tal razón el estado aporta con beneficios y tácticas para que los habitantes de escasos recursos obtengan la accesibilidad a una adecuada atención médica, con bajos costos para todas las personas, y que permitan asegurar los derechos permanentes de todos los habitantes vulnerables del país. En función a lo mencionado en el artículo 9 de la Ley Orgánica de Salud la implementación del sistema de instrumentación virtual propuesto conlleva a mantener disponibilidad de atención médica en el área de fisioterapia y rehabilitación considerando que los gastos en la implementación son significativos contenidos en los recursos técnicos y humanos. En la **Tabla 5** se muestra los costos adicionales para la implementación del sistema de instrumentación virtual.

**Tabla 5:** Detalle de costos

<b>Descripción de elementos</b>	<b>Costo</b>
MyoWare™ Muscle Sensor (AT-04-001)	\$40.00
Tarjeta NodeMCU	\$15.00
Módulo Elevador DC-DC	\$3.80
3 Jack 3.5mm	\$0.60
10 electrodos	\$3.50
Carcasa	\$5.00
Cables EMG	\$10.00
Cables Electroestimulador	\$3.00
Servidor CloudMQTT	\$240,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$320,90</b>

Nota. Tabla adaptada por el autor

### **3.4 Presentación de la propuesta.**

Puesto que el desarrollo de la investigación contiene diferentes tecnologías y arquitecturas, las cuales permiten aplicar la instrumentación telemática para el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares es relevante presentar las etapas que conforma el desarrollo práctico del sistema de instrumentación virtual que permiten a la

vez innovar el proceso de atención en el área de fisioterapia y rehabilitación de un establecimiento de salud.

Como primer punto para el desarrollo de la interfaz electrónica es necesario identificar la idea principal del sistema de comunicación inalámbrica y el instrumento médico. En la Figura 4 se presenta el modelo del sistema de instrumentación virtual.

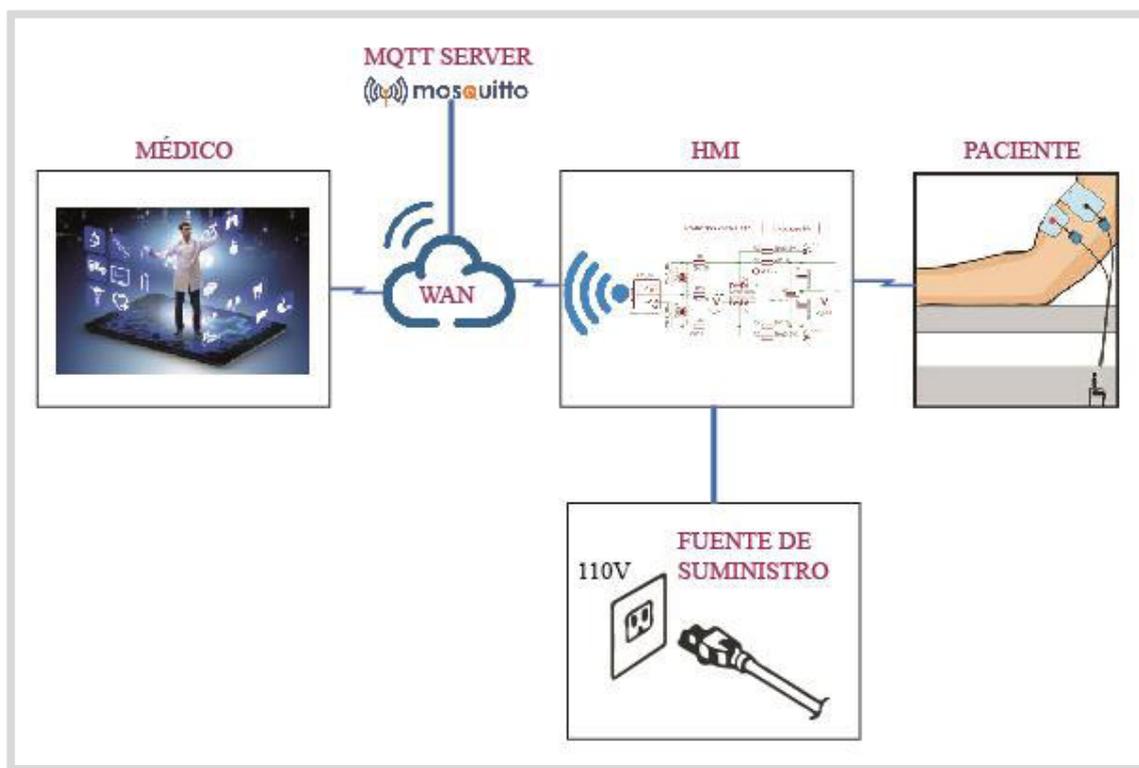


Figura 4: Funcionamiento del sistema de Instrumentación virtual.  
Fuente: El autor.

La dinámica del sistema consiste en mantener una comunicación remota, en donde el paciente situado en un punto de atención médica con la ayuda de un auxiliar de enfermería envía la señal EMG capturadas por el electromiógrafo a través de una red de área amplia (WAN), mencionada red trabaja con un servidor de mensajería MQTT, el cual permite realizar aplicaciones del internet de las cosas entre sensores de baja potencia y dispositivos móviles, su principal característica es que consume poco ancho de banda y es ideal para el internet de las cosas de los dispositivos conectados, finalmente la señal EMG es recibida en otro punto donde se encuentra el médico, que gracias a la interfaz electrónica puede realizar el monitoreo y control de personas que sufren enfermedades neuromusculares.

La Figura 5, muestra los elementos que interactúan en conjunto para facilitar el monitoreo y control de las señales bioeléctricas producidas por los músculos.

El bloque del sistema electrónico de instrumentación está compuesto por una etapa de sensado, esta etapa contiene un elemento primario conocido como sensor, que a través de electrodos de superficie capta los pequeños pulsos eléctricos producto de la actividad muscular y la envía a la etapa del EMG misma que consta de un conversor ADC encargada de convertir la señal de análogo a digital.

La etapa del EMG permite determinar los patrones reales de activación muscular mediante la medida de las señales eléctricas, de esta manera se pueden establecer planes de tratamiento y monitorizar el progreso del mismo.

La etapa del electroestimulador es una placa electrónica generadora de corriente que produce impulsos eléctricos con la energía para generar un potencial de acción (PA) en las células excitables como musculares o nerviosas.

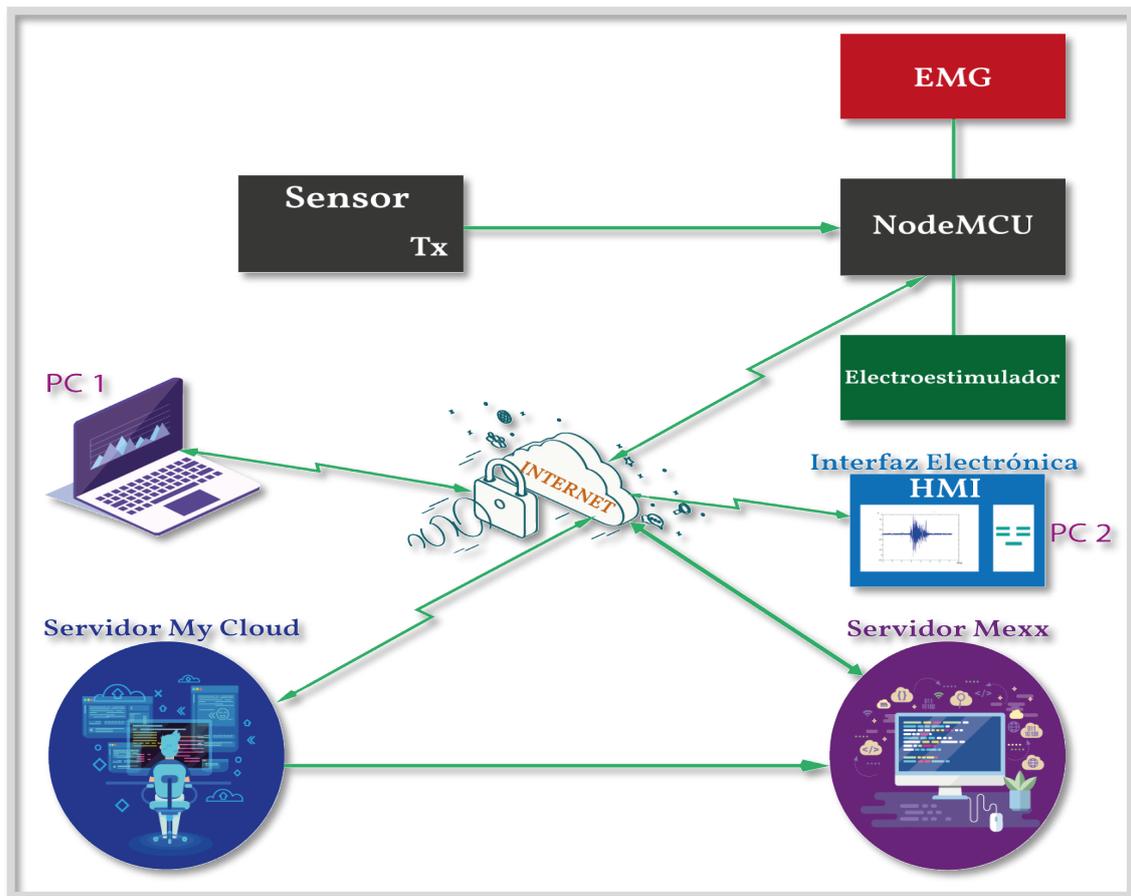


Figura 5: Esquema general de la propuesta.  
Fuente: El autor.

### **3.5 Elección de la Tecnología y Arquitectura del Sistema**

La elección de la tecnología para la implementación del sistema de instrumentación virtual incluye todos los elementos necesarios tanto como hardware y software garantizando la integración, simplicidad y calidad, en el monitoreo y control del funcionamiento del sistema nervioso periférico muscular. Como parte del análisis en la presente propuesta tecnológica, es importante mencionar, que la comparativa de diversas opciones para la implementación del sistema de comunicación inalámbrica está basada a partir de la investigación “Diseño y construcción de un electroestimulador y electromiograma con comunicación inalámbrica para la detección y tratamiento de enfermedades neuromusculares”, realizado por la señorita Karina Tutillo y el señor Nelson Sinchiguano; siendo un factor importante el optar por la tecnología wifi bajo el estándar IEEE 802.11, de tal forma que permita mayor interacción entre la persona, la interfaz electrónica y el instrumento biomédico.

El estándar IEEE 802.11 permite la comunicación inmediata de los usuarios mediante puntos de acceso entre dos o más nodos inalámbricos, su característica principal es transmitir los datos en velocidades rápidas impidiendo pérdidas de información y fallos en la transmisión y recepción de datos, (Jara & Nazar, 2009).

#### **3.5.1 Diseño general del sistema HMI.**

Con la tecnología y software determinadas es posible establecer la estructura general que conforma el sistema de monitoreo y control para el tratamiento de enfermedades neuromusculares. La Figura 6 muestra un diagrama de bloques del diseño general del sistema HMI el cual permite definir el uso de software personalizado y hardware de medición modular mismo que permite crear un sistema de medición definidos por el usuario, llamados instrumento virtual.

En mencionado diagrama de bloques se puede observar que el sistema general de comunicación remota HMI consta de dos secciones, la primera sección contiene el sistema de monitoreo local de las señales bioeléctricas y la segunda sección la estructura funcional de la interfaz electrónica la cual recibirá la información y se limitará a mostrar las señales transmitida por los equipos biomédicos EMG y electroestimulador.

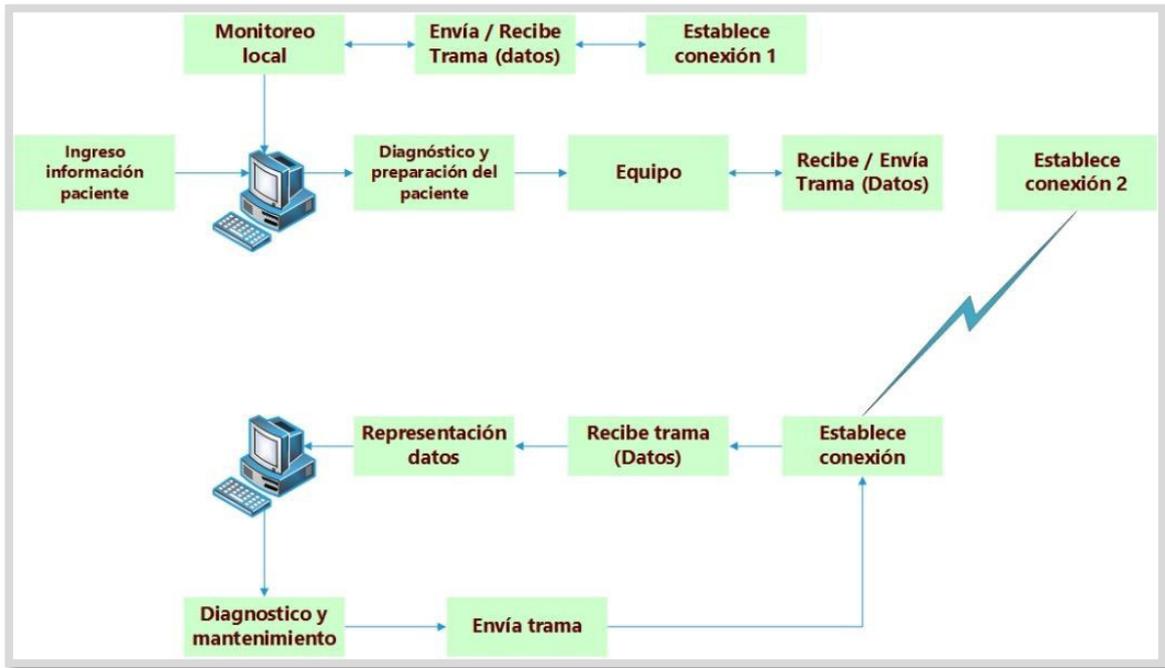


Figura 6: Diagrama general remota del sistema HMI.  
Fuente: El autor.

### 3.5.2 Arquitectura del hardware para la comunicación de los instrumentos biomédicos con la interfaz electrónica.

La arquitectura del hardware propuesto se centra primero en las interfaces eléctricas internas entre los componentes o subsistemas del sistema, y luego en la interfaz entre el sistema y su entorno.

El hardware seleccionado en la implementación del electromiógrafo y el electroestimulador para generar la comunicación remota se lo desarrolla gracias a las características eléctricas que mantienen determinadas tarjetas. En la **Tabla 6** se describe el hardware seleccionado según la aplicación a ser implementada.

**Tabla 6:** Arquitectura del hardware seleccionado según la aplicación a ser implementada.

Aplicación	Hardware	Descripción
Electromiógrafo	Tarjeta sensor muscular MyoWare	El sensor MyoWare recepta la señal bioeléctrica al instante que el músculo envía pulsaciones biomédicas según la actividad eléctrica. La tarjeta mediante su circuitería tiene un principio similar

---

		al transductor una vez adquirido la señal biomédica convierte a otro tipo de señal medible. Mediante la medición del comportamiento muscular filtrada y rectificadora permite transmitir a una tarjeta desarrolladora para que pueda ser visualizada a través de una interfaz electrónica, (Inteligencia Artificial, 2017).
Electroestimulador	Módulo Elevador DC-DC	El objetivo de módulo es elevar el voltaje de entrada mismo que puede convertir 3.3 voltios hasta 40 voltios. está compuesto por un integrado XL6009, dos capacitores electrolíticos SMD (Dispositivo de montaje en superficie), un diodo schottky, trimmer y resistencias.
Comunicación inalámbrica	Tarjeta NodeMCU	Es una placa de desarrollo Permite la comunicación con la interfaz electrónica a través de la red wifi, (Del Valle, 2018).

---

Nota. Tabla adaptada de (Inteligencia Artificial, 2017).

Las arquitecturas del hardware seleccionadas contienen puntos de entradas y salidas de señales analógicas mismas que permiten la adquisición, procesamiento, y transmisión de las señales bioeléctricas provenientes de la contracción muscular, así mismo permite la comunicación y control del electroestimulador con la interfaz electrónica que a través de señales analógicas permite activar los pulsos eléctricos para el tratamiento de enfermedades neuromusculares.

**Diagrama de flujo del sistema de instrumentación médica**

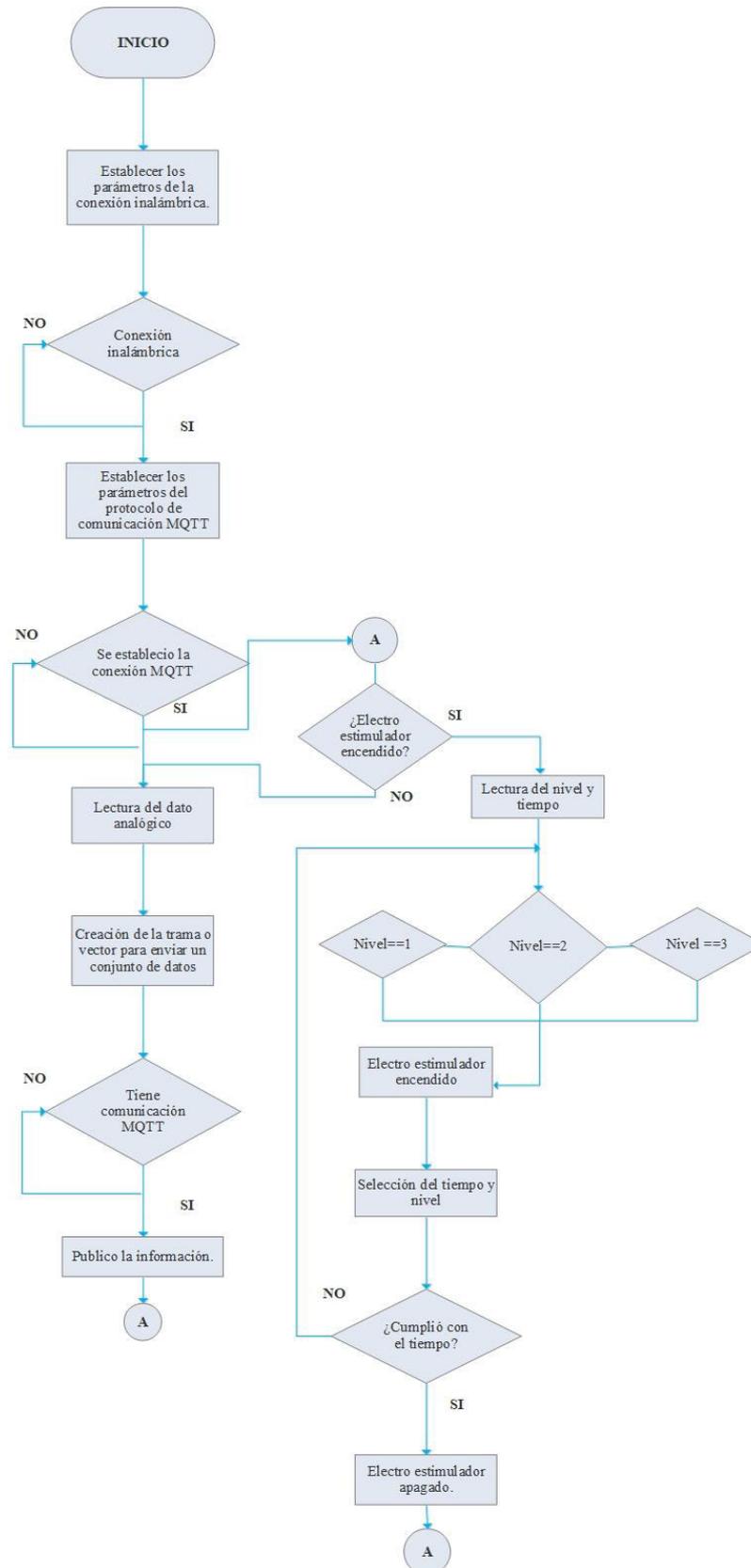


Figura 7: Diagrama de flujo del sistema de monitoreo local de las señales bioeléctricas. Fuente: El autor.

### ***Implementación de la Monitorización remota del paciente (RPM)***

La adquisición de las señales bioeléctricas provenientes de los músculos se lo realiza a través de la placa del sensor muscular de MyoWare misma que permite el desarrollo para la implementación del electromiógrafo, mencionado dispositivo engloba todo un sistema de instrumentación electrónica que capta, registra y entrega la información mediante señales bioeléctricas, estas señales son procesadas por otro sistema electrónico, tal como la tarjeta NodeMCU que es una Unidad Microcontroladora de Nodos; gracias a su entorno de desarrollo de hardware y software de código abierto permite alojar las señales EMG y a la vez trabajar como puente entre internet y el sensor muscular MyoWare™ (AT-04-001) que mide la actividad eléctrica filtrada y rectificada de un músculo.

La Figura 8, muestra el sistema de monitorización remota del paciente que mediante tecnologías digitales permite la adquisición, transmisión electrónica de datos médicos y otros datos de adquisición medicas de personas con posibles enfermedades neuromusculares en función de la tarjeta sensor MyoWare y la tarjeta desarrolladora.

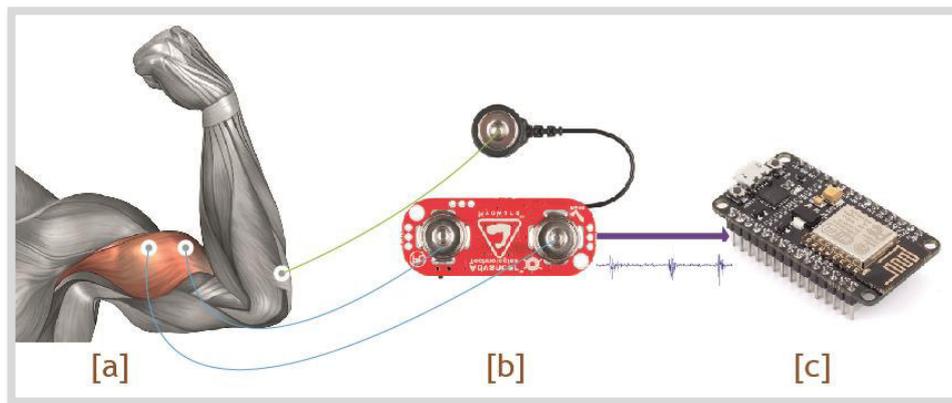


Figura 8: Sistema de adquisición de las señales bioeléctricas [a] Paciente, [b] tarjeta sensor muscular MyoWare [c] Tarjeta NodeMCU.

Fuente: El autor.

Considerando que NodeMCU es una tarjeta de desarrollo similar a Arduino, especialmente orientada al Internet de las cosas (IoT), además valorando que cuenta con un chip wifi ESP8266 de sistemas embebidos se puede elaborar el prototipo del instrumento Electromiógrafo (EMG). Para iniciar con la implementación del EMG es necesario comprender el circuito electrónico del chip wifi ESP8266.

La Figura 9, muestra un SoC (System on Chip) que integra en una sola pieza de silicio un procesador de aplicaciones con la electrónica necesaria para la comunicación por RF

(Wifi). Esta placa permite aprovechar el procesador que está dentro del ESP8266 y realizar un software que corra en el IDE de Arduino, no solamente usarlo como un puente entre un microcontrolador y la red wifi.

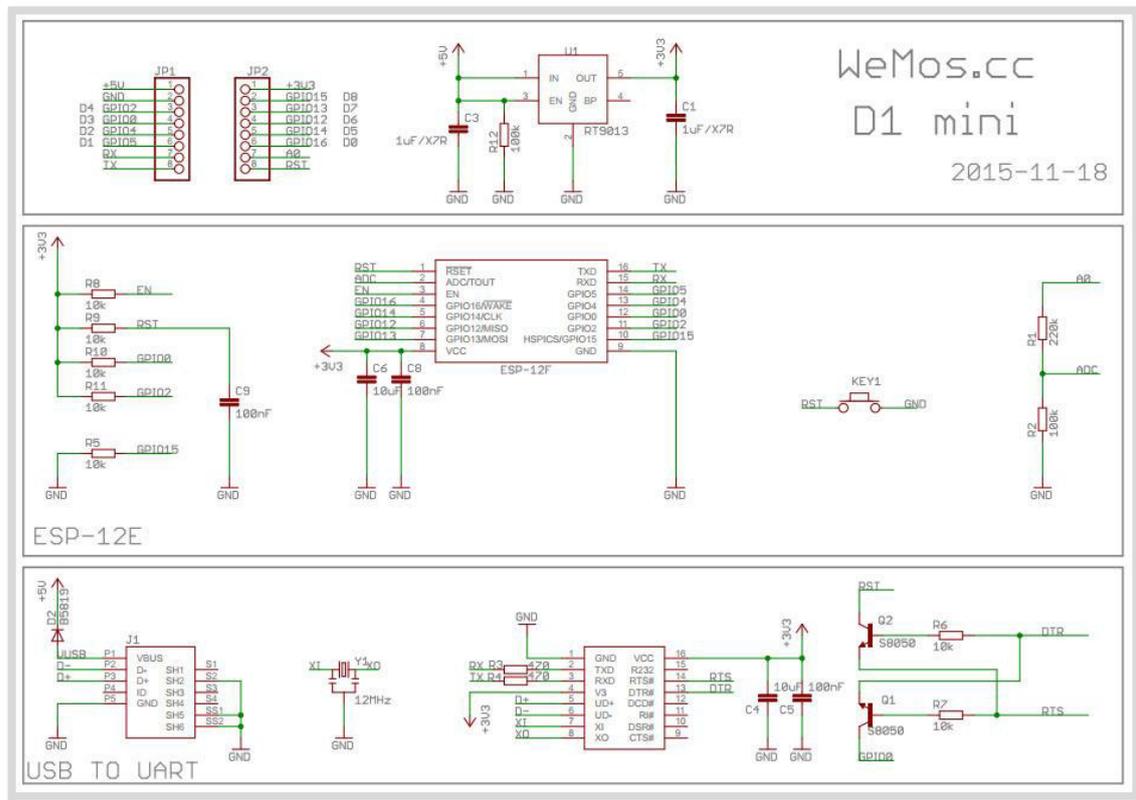


Figura 9: Diagrama del SoC (System on Chip).  
Fuente: (EscapeQuotes, 2015).

### Implementación del equipo médico electroestimulador

El siguiente circuito está diseñado con el fin de ampliar las capacidades del hardware, la implementación de la placa permite la comunicación entre determinadas etapas de entradas y salidas de las señales provenientes de las tarjetas NodeMCU y el elevador de voltaje DC-DC. Por ejemplo, los CONN1, 2, 3, 4 son las salidas de voltajes generados en función a la variación de la resistencia de la piel/musculatura de la persona. Adicional en el diseño se tiene la etapa del limitador de corriente que mediante un transistor se regula hasta 16mA finalmente el diagrama tiene los puertos para conectar el módulo elevador DC-DC el cual elevaba la tensión de entrada hasta 40 voltios, dicho elevador es muy útil ya que se tiene circuito alimentados a 3.3V o 5V y se necesita alimentar etapas de potencia, La Figura 10, muestra el diseño del circuito del electroestimulador.

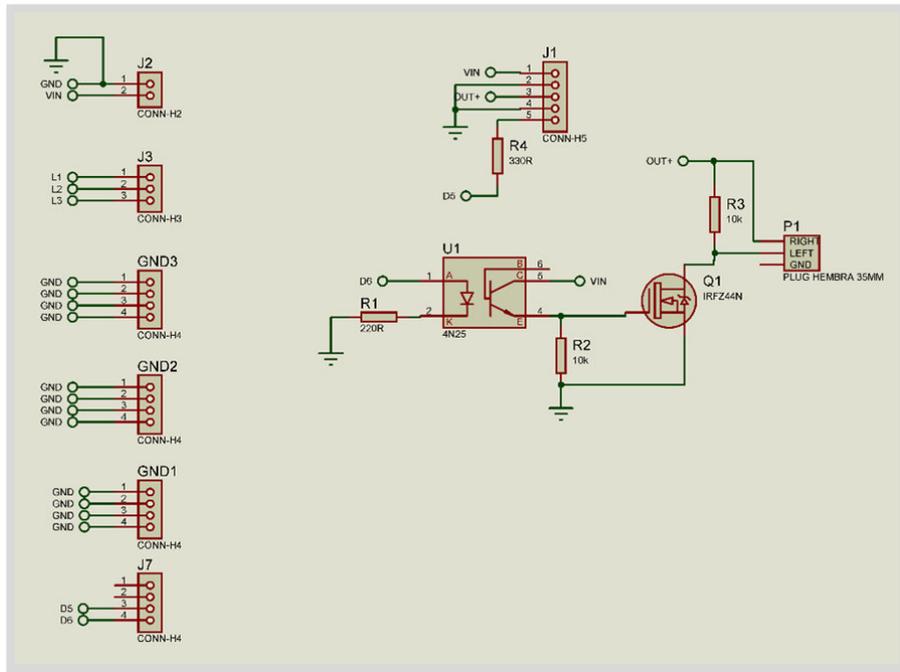


Figura 10: Esquema Electrónico del electro estimador:  
Fuente: El autor.

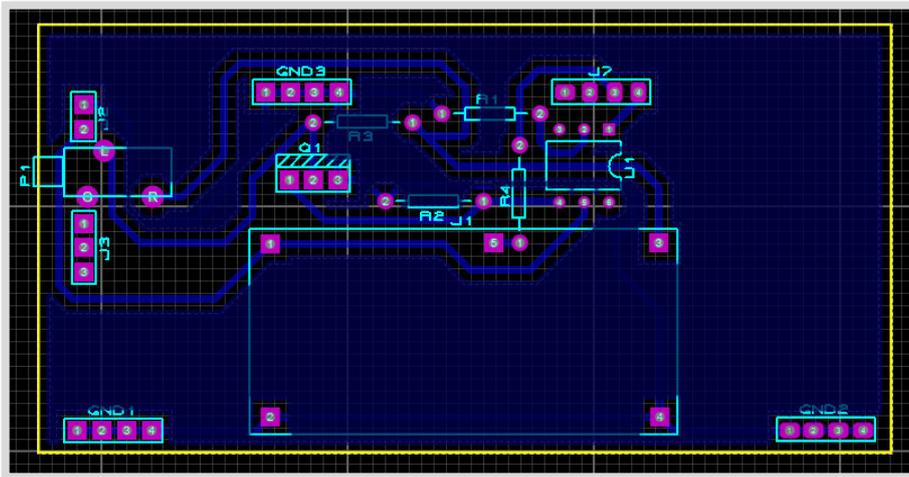


Figura 11: Diseño PCB del electroestimulador.  
Fuente: El autor.

### ***Desarrollo del software para el funcionamiento del electromiógrafo***

Una vez determinado los módulos de adquisición y desarrollo la señal eléctrica producida por los músculos, se procede a explicar el código de programación de la tarjeta NodeMCU.

Es importante considerar que para registrar la señal bioeléctrica y controlar los parámetros de la señal generada por el electroestimulador deben ser realizadas en tiempo

real, cada señal analógica es monitoreada a través de una interfaz electrónica remota aquello permite al usuario visualizar mediante un dispositivo como una PC, tablet o celular.

### ***Entorno del desarrollo para NodeMCU***

NodeMCU representa la unión de la placa de desarrollo junto con el firmware. Éste permite escribir código con el lenguaje de programación LUA. Con la aparición de la integración con el IDE de Arduino, este firmware poco a poco ha terminado en desuso.

La facilidad de conexión con la computadora para programarlo y la posibilidad de hacerlo desde el IDE de Arduino ha permitido que el hardware siga disponible en su forma original y en forma de otras muchas placas derivadas.

Para iniciar el desarrollo de la programación de la tarjeta NodeMCU en Arduino es necesario preparar el IDE para usar el ESP8266 por tal razón como primer punto debemos copiar y añadir en propiedades/Referencia el formato de texto ligero para el intercambio de datos JSON («notación de objeto de JavaScript») mostrada a continuación:

La Figura 12 muestra la pantalla principal de preferencias en el que instalamos el soporte a terceros en el IDE.

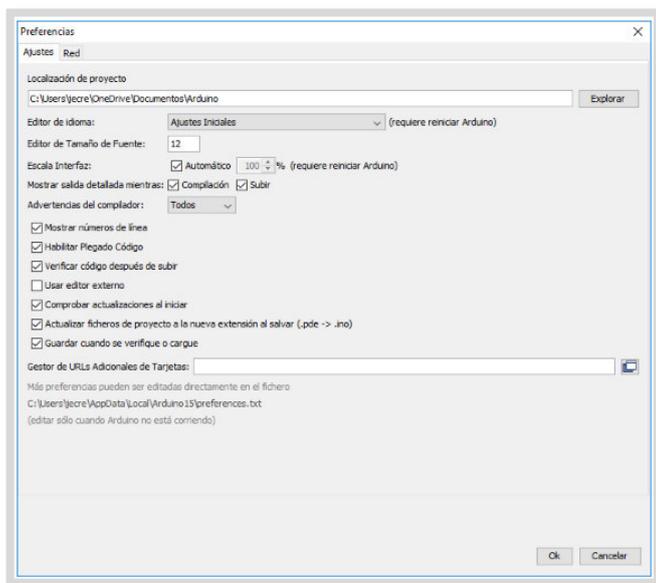


Figura 12: Instalación del soporte a terceros en el IDE.  
Fuente: El autor.

Desde el gestor de tarjetas seleccionamos la opción All (Todo) e iniciamos la instalación del soporte EPS8266. La Figura 13, muestra la pantalla generada del gestor de tarjetas.

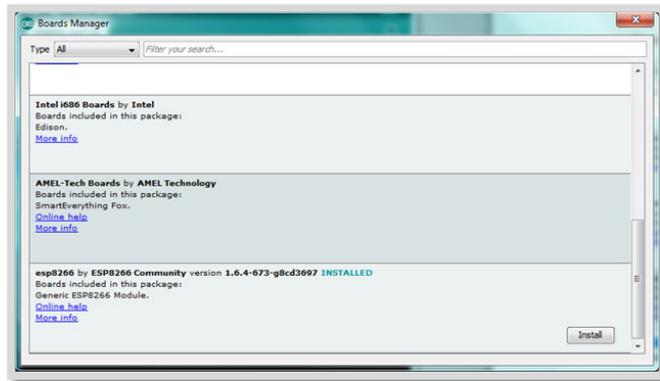


Figura 13: Instalación del ESP8266.  
Fuente: El autor.

Una vez añadido el IDE de arduino para programar con EPS8266 se debe también seleccionar e incluir determinadas librerías para el adecuado funcionamiento de la tarjeta NodeMCU. La Figura 14, muestra las librerías fundamentales que se debe añadir para el desarrollo de la programación.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <SoftwareSerial.h>
```

Figura 14: Librería ESP8266WiFi para NodeMCU.  
Fuente: El autor.

La **Tabla 7**, describe las librerías que facilitan la interconexión del sensor, interfaz electrónica y el módulo del electróestimulador.

**Tabla 7:** Librerías para la interconexión de componentes.

Librerías	Descripción
#include <ESP8266WiFi.h>	Esta biblioteca proporciona las rutinas WiFi específicas de ESP8266 a las que estamos llamando para conectarse a la red.
#include <PubSubClient.h>	Esta biblioteca proporciona un cliente para realizar mensajes simples de publicación / suscripción con un servidor que admite MQTT.
#include <SoftwareSerial.h>	Permite la comunicación serie en otros pines digitales de Nodemcu, usando el software para replicar la funcionalidad

Nota. Tabla adaptada de (Github Developer, 2018). “*Library Arduino*”.

Una vez añadido las librerías declaramos las variables tanto para el monitoreo y registro de la señal EMG y señales analógicas para la activación del electroestimulador. La Figura 15, muestra los tipos de datos de variables extendidas para almacenamiento de números.

```
long t0, t1, t2;
int nivel, tiempo, encendido, confir, voltaje;
int var_entrada, var_entrada2, s1;
int contconexion = 0;
int muestreo = 10;
int muestreo1, muestreo2;
int datos = 22;
```

Figura 15: Tipo de datos.  
Fuente: El autor.

A medida que se desarrolla el código para la comunicación inalámbrica se debe identificar el conjunto de servicios; es decir un nombre identificador que informe del conjunto de servicios o redes a los que se ha de conectar los dispositivos electrónicos tal como se muestra en la Figura 16.

```
const char* ssid = "Carlos.."; // puntero ssid
const char* password = "fabianN20"; // puntero password
//const char* ssid = "Movil"; // puntero ssid
//const char* password = "jakeline0501585467"; // puntero password
char SERVER[50] = "54.76.137.235"; // "m23.cloudmqtt.com"
int SERVERPORT = 16700;
String USERNAME = "canton1";
char PASSWORD[50] = "1234567";
```

Figura 16: Conexión de dispositivos a una red.  
Fuente: El autor.

Ya obtenido la conectividad de la red se inicia a programar las salidas con las variables determinadas como muscular, encendido, voltaje, músculo, confirmación; seguidamente se logra desarrollar ciertas etapas que serán mostradas en el apartado de anexos.

### 3.5.3 Arquitectura del software del sistema.

La arquitectura del software en el desarrollo y funcionalidad de la interfaz electrónica consiste en un conjunto de patrones y abstracciones pertinentes que proporcionan a una lógica de instrucciones, necesario para orientar la construcción del software permitiendo la comunicación entre los módulos de adquisición de datos y la PC.

**Diagrama de flujo de la estructura funcional de la interfaz electrónica.**

El diagrama de flujo permite comprender el proceso de la implementación del sistema HMI. La Figura 17, muestra la estructura de la solución del problema independiente del lenguaje a utilizar.

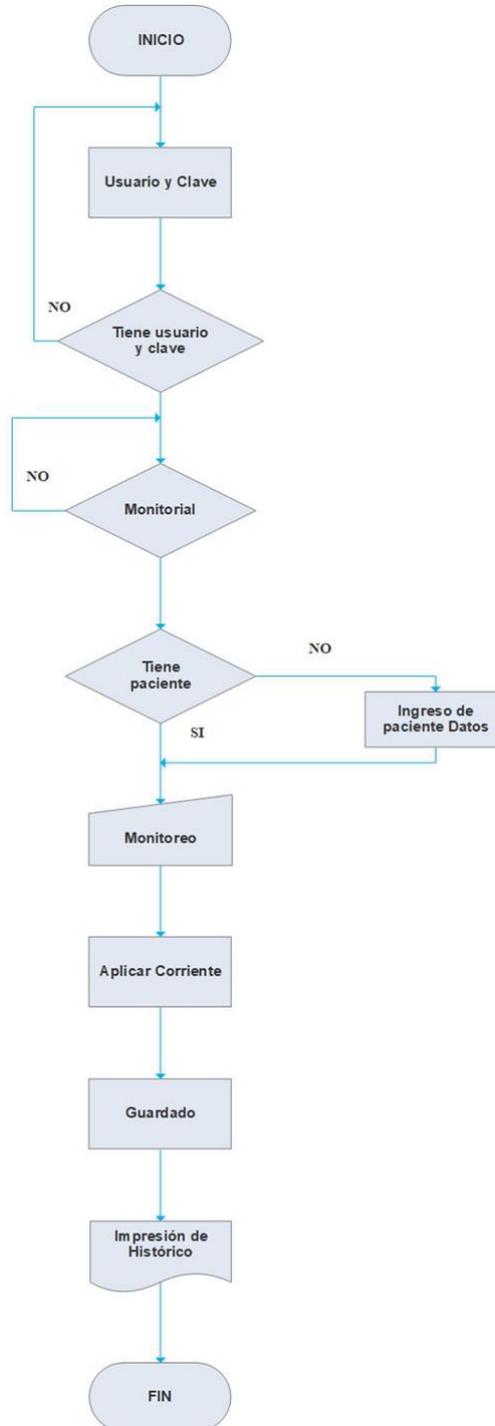


Figura 17: Diagrama de flujo de la estructura funcional de la interfaz electrónica.  
Fuente: El autor.

## *Diseño de la interfaz electrónica*

Para la implementación de la interfaz electrónica como primer paso es necesario establecer un servidor que permita almacenar la información en la nube, para ello se utiliza CloudMQTT que es un servidor mosquitto administrados en la nube mismo que tiene implementado el protocolo de transporte de telemetría MQ, MQTT, que proporciona métodos ligeros para llevar a cabo la mensajería mediante un modelo de cola de mensajes de publicación / suscripción. Tal como se lo menciona en la página oficial, (CloudMQTT, 2018). La Figura 18, muestra la forma de comunicación del servidor.



Figura 18: Comunicación Servidor CloudMQTT.  
Fuente: (CloudMQTT, 2018).

La comunicación MQTT puede cifrarse mediante los protocolos TLS / SSL, garantizando así una comunicación segura y protegida.

Una vez determinado el tipo de servidor a utilizar mediante el link: <https://customer.cloudmqtt.com> de la página oficial de CloudMQTT. La Figura 19, muestra la página oficial de CloudMQTT.

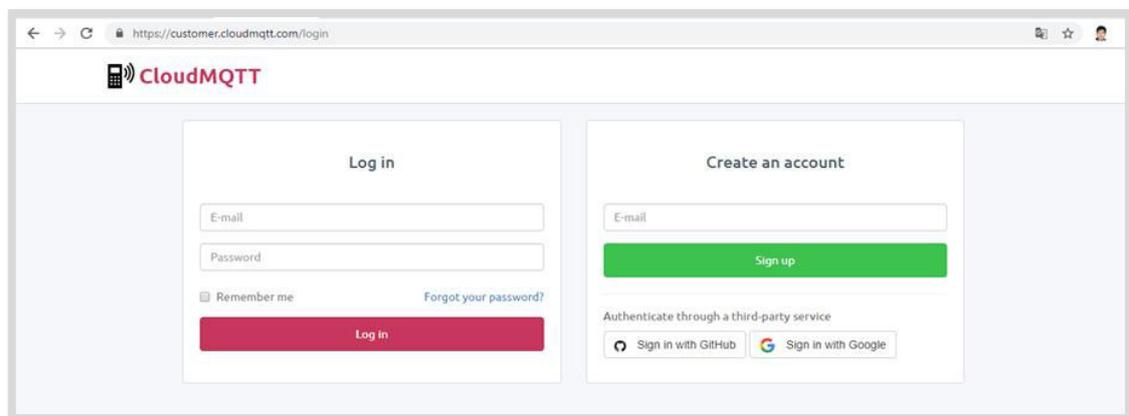


Figura 19: Crear usuario CloudMQTT.  
Fuente: (CloudMQTT, 2018).

Una vez generado el usuario, se crea las instancias (lugar donde va a llegar la información) es por ello que para implementar la interfaz electrónica se ha generado ocho instancias llamadas canton1, canton2 hasta canton8. Cabe mencionar que en la

implementación de la interfaz con el servidor CloudMQTT se dispone de cuatro planes con la diferencia en el ancho de banda y limitaciones en las conexiones, en la presente implementación se optó por la versión gratuita con el plan CuteCat misma que permite cuatro conexiones. La Figura 20, muestra los parámetros a considerar para crear las instancias.

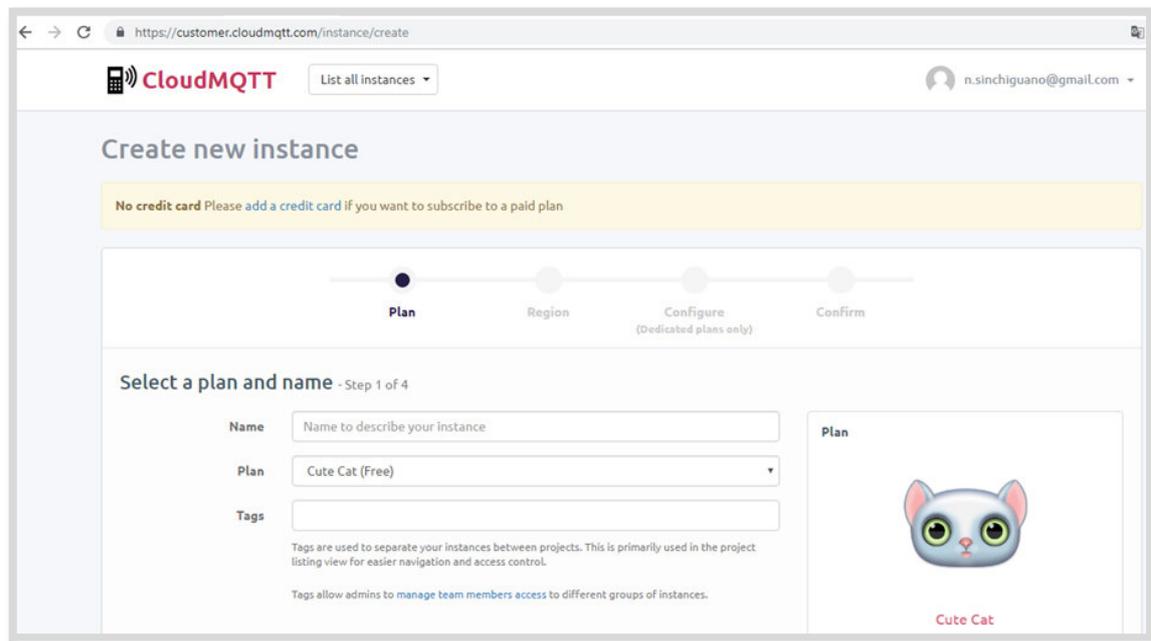


Figura 20: Creando instancias.  
Fuente: (CloudMQTT, 2018).

## Editor Construcción del código

La construcción del código para la interfaz electrónica se lo realiza mediante un editor de código fuente que permite crear páginas web con acciones de manipulación de archivos, acceso a datos e implementación de seguridad es por ello que, para el desarrollo web de la interfaz electrónica, se lo realiza a través de Notepad++, Dreamweaver.

### Dreamweaver

Las funciones de edición visual de Dreamweaver CC permiten agregar rápidamente diseño y funcionalidad a la página web, sin la necesidad de programar manualmente el código HTML.

### Notepad++

Es un editor de código fuente gratuito que admite varios lenguajes de programación y lenguajes naturales.

## Procesos de inicio del lado del servidor

Las operaciones que contiene el desarrollo del código fuente de la página principal de la interfaz electrónica se muestra en la Figura 21.

```
1 <nav class="navbar navbar-inverse navbar-fixed-top navbar-nexx" role="navigation" style="background-color:#000000; color:#FFFFFF">
2
3 <div class="container" style="background-color:#000000; color:#FFFFFF">
4 <div class="navbar-header">
5 <button type="button" class="navbar-toggle collapsed" data-toggle="collapse" data-target="#navbar-1">
6 <span class="sr-only">Menu</span>
7 <span class="icon-bar"></span>
8 <span class="icon-bar"></span>
9 <span class="icon-bar"></span>
10 </button>
11 <a href="index.php" class="navbar-brand" style="color:#0066FF; font-weight:bold; font-size:24px">PRINCIPAL</a>
12 </div>
13 <div class="collapse navbar-collapse" id="navbar-1">
14 <ul class="nav navbar-nav">
15 <li <?php if($activo=='index'){echo 'class="active"';} ><a href="index.php">INICIO</a></li>
16 </ul>
17 <ul class="nav navbar-nav navbar-right">
18 <li><a href="login.php">LOGIN</a></li>
19 </ul>
20 </div>
21 </div>
22 </div>
23
24 </nav>
```

Figura 21: Código principal de la página principal.  
Fuente: El autor.

En función al código desarrollado la Figura 22, presenta la página principal de la interfaz electrónica, misma que permite la comunicación entre el médico, el asistente de enfermería y el paciente. Para poder ingresar se debe dar un clic en login e iniciamos la sección a través de un usuario con su respectivo password.



Figura 22: Pantalla principal de la interfaz electrónica.  
Fuente: El autor.

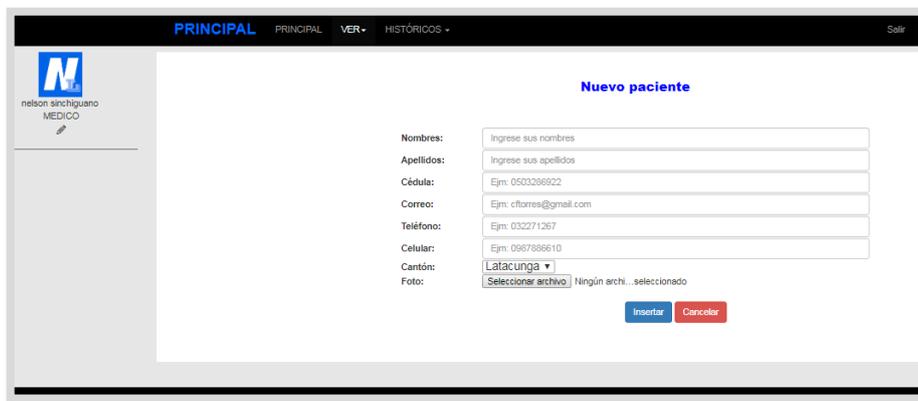
## Ingreso de datos generales del paciente

Como parte del desarrollo en el módulo de monitoreo es necesario que se ingrese los datos del paciente con el objetivo de llevar un histórico clínico. La Figura 23, muestra el código fuente de para el ingreso de datos del paciente.

```
27
28     foreach ($registro as $consulta):
29         $codigo_paciente=$consulta->cod_paciente;
30         $nombre=$consulta->nombres_paciente;
31         $apellido=$consulta->apellidos_paciente;
32         $cedula=$consulta->cedula_paciente;
33         $correo=$consulta->correo_paciente;
34         $telefono=$consulta->telefono_paciente;
35         $celular=$consulta->celular_paciente;
36         $direccion=$consulta->direccion_paciente;
37         $foto=$consulta->foto_paciente;
38
```

Figura 23: Código fuente para generar un historial clínico.  
Fuente: El autor.

Mediante la Figura 24, se presenta la forma gráfica en la cual se ingresa los datos del paciente.



The screenshot shows a web application interface for entering patient data. The page title is "Nuevo paciente". The form includes fields for Nombres, Apellidos, Cédula, Correo, Teléfono, Celular, Cantón, and Foto. The Cantón dropdown is set to "Latacunga". There are "Insertar" and "Cancelar" buttons at the bottom.

Figura 24: Ingreso de los datos del paciente.  
Fuente: El autor.

## Inicio de monitoreo del paciente

Para que se pueda monitorear las señales EMG se debe enviar condición al usuario y equipo tal como se muestra en el código de la Figura 25.

```
function enviarCondicion() {
    var dato = document.getElementById("nivel").value + ' ' + document.getElementById("tiempo").value;
    console.log("enviado: "+dato);
    message = new Paho.MQTT.Message(dato);
    message.destinationName = '/' + usuario1 + '/voltaje';
    client1.send(message);
}
```

Figura 25: Función enviar condición.  
Fuente: El autor.

## Presentación de los datos

Las señales EMG son datos que deben ser presentados en el sistema que en el desarrollo del programa se lo realiza mediante un condicional tal como se muestra en la Figura 26.

```
for (i = 0; i <132; i++) {  
  //for (i = 0; i <puntosm.size(); i++) {  
    data.push({  
      x: cont++,  
      y: parseInt(puntosm[i],10)*3  
    });  
  }  
}
```

Figura 26: Presentación de los datos EMG.  
Fuente: El autor.

Los datos capturados por las contracciones musculares se las presenta a través de una señal analógica. La Figura 27, se muestra la interfaz electrónica del electromiógrafo.

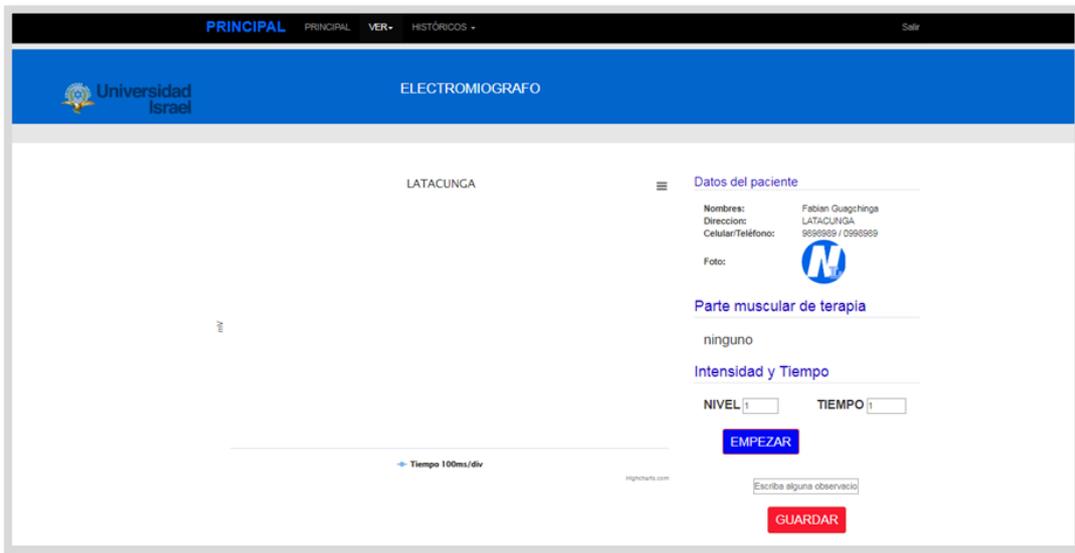


Figura 27: Interfaz electrónica del Electromiógrafo.  
Fuente: El autor.

## *Plataforma para el campo virtual*

### **Algoritmo para obtener el control de transmisión.**

Las variables están definidas por un conjunto de funciones y procedimiento que permiten la comunicación con el hardware, por lo tanto, es necesario determinar los puertos, usuarios, contraseñas y servidor. La Figura 28, muestra la codificación común para todos los puntos de acceso.



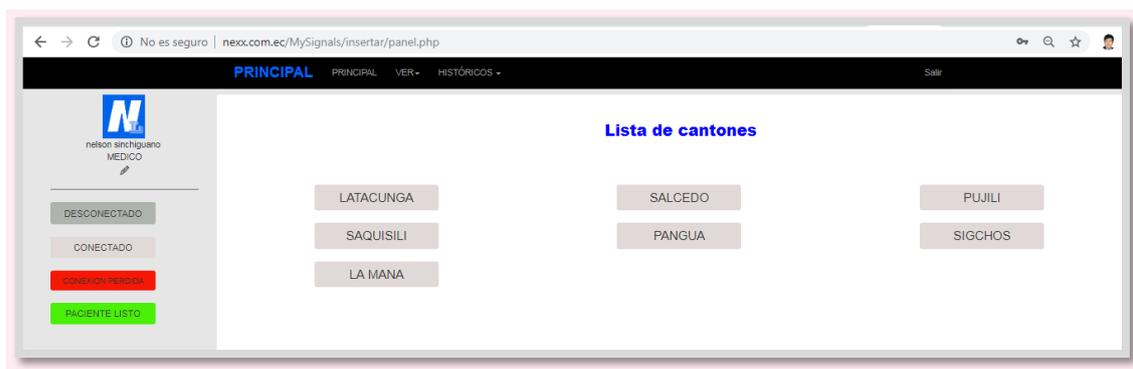


Figura 30: Control de transmisión de las señales según el cantón.

Fuente: El autor.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 3.6 Validación de la propuesta

Una vez concluido el tercer objetivo específico es necesario validar el diseño del sistema HMI para la adquisición, monitoreo y procesamiento de señales bioeléctricas, provenientes del cuerpo humano, para ello se procede a la validación del mismo a través de un elemento patrón que se describirá en el ítem aplicación de estudios de casos; sin embargo se puede también validar en función del sector y beneficiario, ya que la herramienta tendrá éxito siempre y cuando exista facilidad de manejo y aplicación. Para ello se elaboró una herramienta de evaluación diagnóstica que se basa en criterios como: perspectiva, integridad y seguridad.

#### Rúbrica de evaluación: Interfaz Electrónica

##### Objetivo:

Evaluar el nivel de aceptación del sistema de instrumentación virtual como soporte al monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares.

#### INSTRUCCIONES

Estimados Señor/a, Srta, marque con una x donde corresponda según su criterio.

Tabla 8: Rúbrica de evaluación

ITEMS A SER EVALUADOS	Siempre	Casi Siempre	Pocas Veces	Nunca	No observado
	5	4	3	2	1
1 La interfaz electrónica es auto explicativa y de fácil comprensión	<input type="checkbox"/>				

2	La interfaz electrónica cuenta con seguridad de acceso	<input type="checkbox"/>				
3	Las secciones del HMI mantienen la jerarquía funcional agrupadas para el usuario	<input type="checkbox"/>				
4	El sistema HMI integra históricos de los pacientes	<input type="checkbox"/>				
5	Las pantallas de la interfaz electrónica esta dimensionada de acuerdo a la cantidad de información importante que debe ver los usuarios.	<input type="checkbox"/>				
6	La interfaz electrónica muestra las señales EMG pertinentes.	<input type="checkbox"/>				
7	El desarrollo del sistema de instrumentación virtual permite la comunicación entre el equipo médico el sistema HMI permite interactuar entre varios usuarios.	<input type="checkbox"/>				

---

Nota. Tabla adaptada por el autor.

### 3.7 Pruebas y resultados obtenidos

A continuación, se describe el funcionamiento del dispositivo médico electromiógrafo y del electroestimulador. Según las pruebas realizadas permitieron determinar relevantes conclusiones.

#### 3.7.1 Prueba del Electromiógrafo (EMG)

Después de haber conectado los electrodos en un determinado músculo se realiza tres tipos de pruebas para determinar que el EMG tiene un adecuado funcionamiento. A medida que se adquiere las señales se puede validar el instrumento médico EMG de dos formas: Primera opción es mediante el uso y criterio de un especialista médico de fisioterapia o a su vez mediante un instrumento patrón. Para la validación del EMG implementado se lo realizó en función de un instrumento patrón.

### *Adquisición de la señal Electromiográfica*

Previo a la adquisición de las señales bioeléctricas se debe preparar al paciente considerando ciertos criterios:

- El paciente no debe tener objetos metálicos que puedan causar ruidos electromagnéticos.
- Limpiar con alcohol antiséptico las posibles impurezas del área de la piel en donde se va a colocar los electrodos.
- Los electrodos deben ser colocados de forma paralela a una distancia 5 cm, después conectar el cable al electrodo, y presionarlo contra la piel del paciente.



Figura 31: Colocación de los electrodos.  
Fuente: El autor.

#### **3.7.2 Electromiograma normal**

En referencia al electromiograma, existen determinadas pruebas que se realizan en función a las contracciones musculares. Para la validación del instrumento médico implementado se lo realizo en función de un instrumento patrón el cual permite la comparación de las señales EMG acorde a los resultados requeridos.

##### ***Prueba músculo en reposo***

Al realizar la primera prueba cuando el músculo esta relajado o en reposo tiende a estabilizarse la señal a una línea recta que corresponde a una línea isoeletrica que representa un estado de equilibrio del músculo. La Figura 32, representa una línea isométrica que es una línea base de voltaje de un registro electrofisiológico.

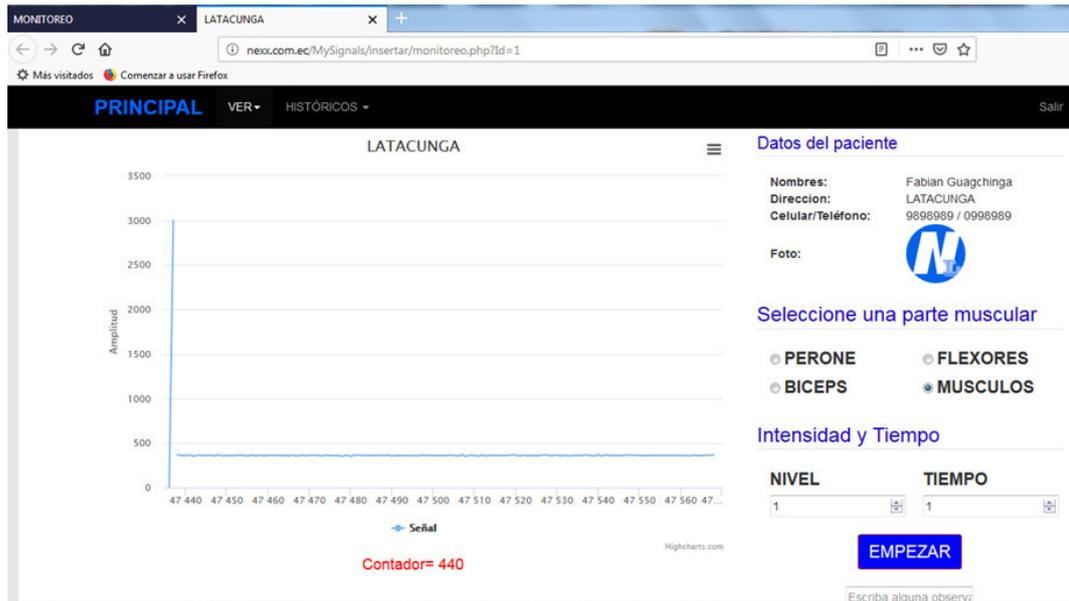


Figura 32: EMG del músculo en reposo.  
Fuente: El autor.

La señal EMG obtenida mediante el electromiógrafo implementado, en comparación a la señal EMG obtenida por el instrumento patrón; muestra similitud al entregar una señal continua llamada línea isoelectrica acompaña de un silencio eléctrico por la ausencia de sonidos. En la Figura 33, se puede observar la señal registrada del músculo en reposo mediante el instrumento patrón.

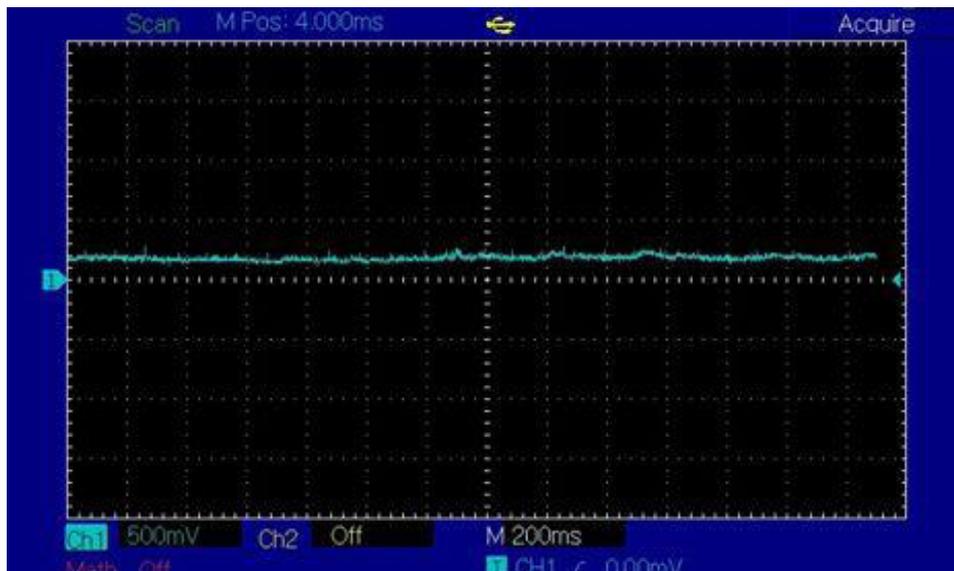


Figura 33: Registro del músculo en reposo.  
Fuente: El autor.

### *Prueba de contracción muscular ligera.*

El paciente realiza una contracción isométrica ligera por lo que la amplitud de la señal EMG tiende a aumentar provocando el fenómeno de un patrón de ondas parciales. La Figura 34, muestra la señal EMG al realizar una contracción leve del músculo.

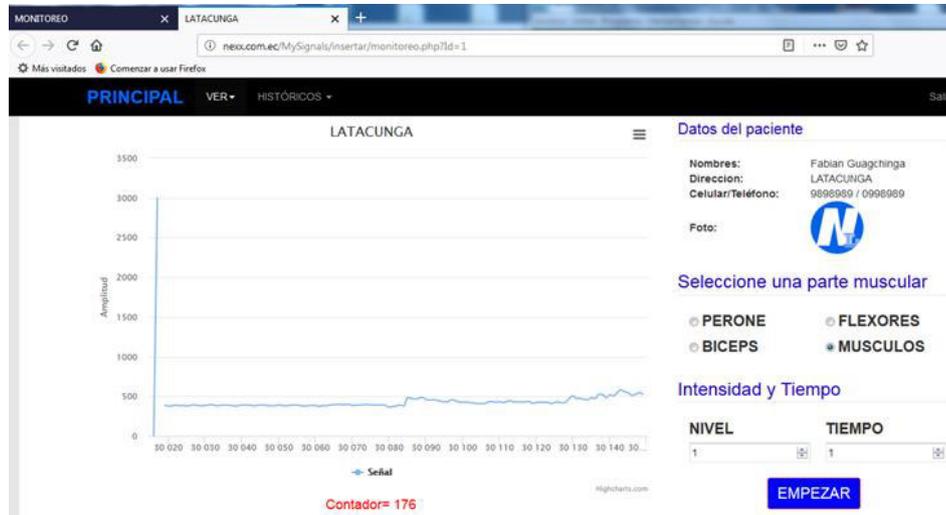


Figura 34: Registro de contracción muscular leve.  
Fuente: El autor.

En la Figura 35, se puede visualizar el registro de la señal al realizar una contracción leve misma que al compararla con la señal visualizada por la interfaz electrónica, mantiene las características estáticas que debería tener el electromiógrafo implementado.

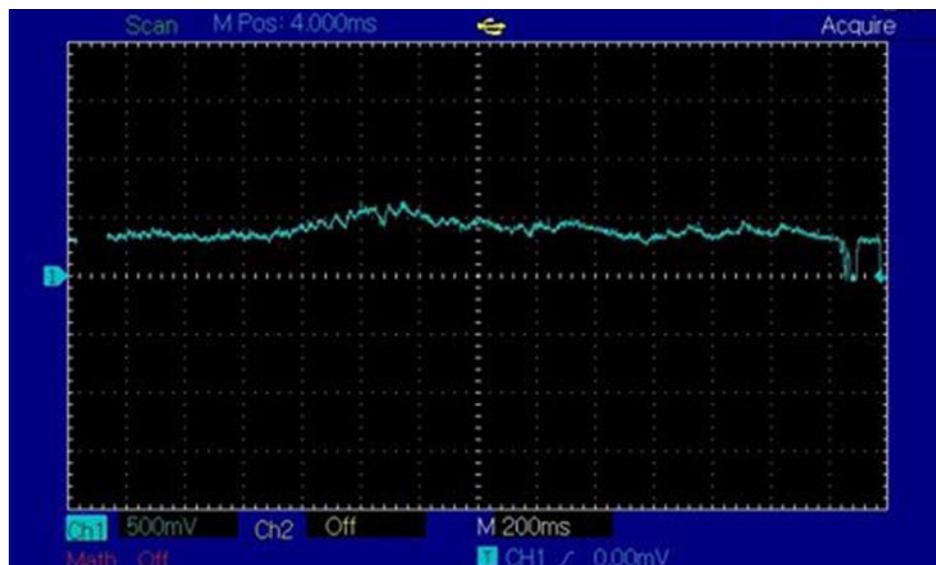


Figura 35: Registro de contracción muscular leve con el instrumento patrón.  
Fuente: El autor.

### ***Prueba de Contracción Muscular Máxima.***

El paciente debe realizar una contracción muscular isotónica aplicando una fuerza energética que permita registrar una tensión máxima durante todo el movimiento. La Figura 36, muestra el registro de la señal EMG capturada por el electromiógrafo implementado.

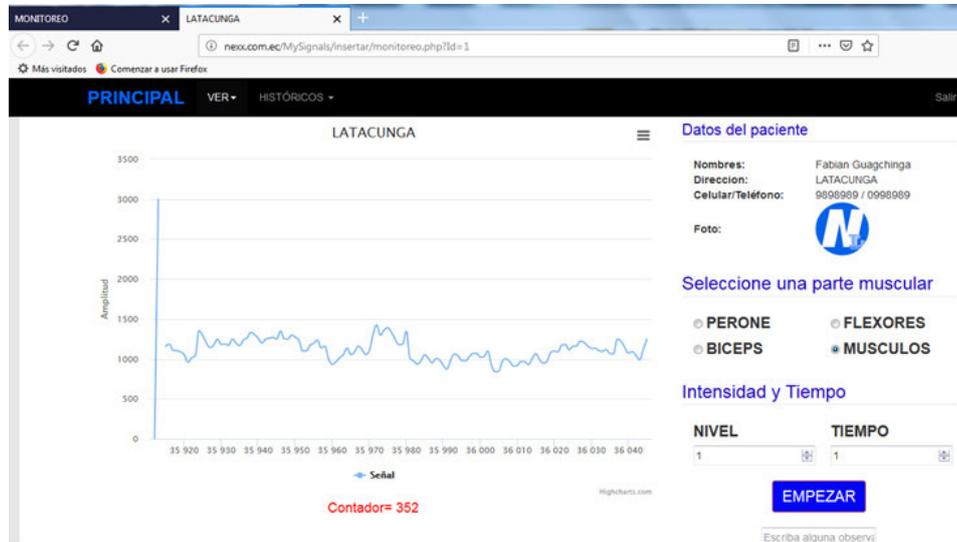


Figura 36: Contracción muscular máxima.  
Fuente: El autor.

La Figura 37, muestra la misma contracción muscular máxima obtenida con el instrumento patrón.

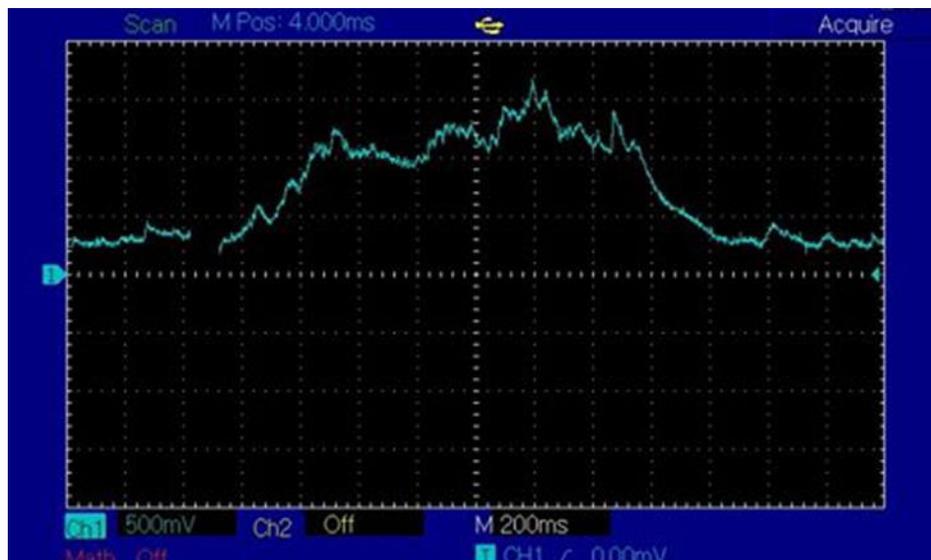


Figura 37: Registro de la contracción máxima del músculo con el instrumento patrón.  
Fuente: El autor.

### 3.8 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

#### Análisis de Resultados

En el presente ítem se muestran los resultados obtenidos y su interpretación correspondiente. Considerando que el sistema de instrumentación virtual tiene como objetivo innovar el proceso de atención médica en el área de fisioterapia y rehabilitación, el estudio se lo realiza directamente a los centros de atención médica de la provincia de Cotopaxi, por tal razón la encuesta aplicada tiene como referencia a 10 usuarios médicos.

Determinado resultado permite el análisis y la percepción respecto a la implementación de un sistema de instrumentación virtual que además disponga de una interfaz electrónica con comunicación remota para la adquisición, monitoreo y procesamiento de señales bioeléctricas, provenientes del cuerpo humano. Una vez tabulado los datos se establece diferentes parámetros mostrados a continuación.

#### Análisis de Datos

- 1) ¿Conoce usted sobre la telemedicina?

**Tabla 9: Telemedicina**

PREGUNTA N°1		
RESPUESTA	CAN/FREC	PORCENTAJE %
SI	8	80
NO	2	20
TOTAL	10	100



Figura 38: Gráfica de resultado sobre conocimiento de la telemedicina.  
Fuente: El autor.

### Análisis:

De los encuestados el 80% conoce sobre la telemedicina, mientras que el 20% menciona no conocer sobre la telemedicina.

### Interpretación:

Se puede afirmar que una parte de los médicos necesitan conocer sobre recursos tecnológicos adecuados para mejorar que el proceso la telemedicina para las enfermedades neuromusculares.

2) ¿Qué tipo de métodos de la telemedicina conoce usted?

**Tabla 10:** Tipo de métodos

<b>PREGUNTA N°2</b>		
<b>RESPUESTA</b>	<b>CAN/FREC</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
Método síncrono	1	0
Método asíncrono	1	0
Ninguna	8	80
total	10	10

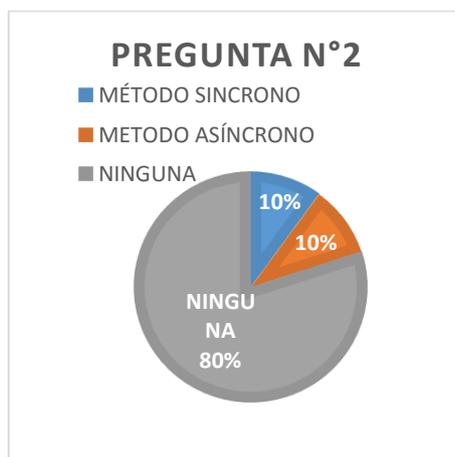


Figura 39: Identificación de métodos aplicados en telemedicina.  
Fuente: El autor.

### Análisis:

De los encuestados el 10% conoce sobre el método sincrónico y el 10% conoce del método asincrónico mientras que el 80% no conoce de los métodos.

### Interpretación:

Se puede evidenciar según los datos obtenidos que los médicos no utilizan un método para la comunicación remota, mayoritariamente los médicos desconocen sobre los tipos de

métodos aplicados a la telemedicina, por lo que se puede proponer utilizar el método sincrónico.

- 3) ¿El área de fisioterapia cuenta con una interfaz electrónica para el Monitoreo y Control en el Tratamiento de Enfermedades Neuromusculares?

**Tabla 11: Monitoreo y control**

<b>PREGUNTA N°3</b>		
<b>RESPUESTA</b>	<b>CAN/FREC</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	4	40
NO	6	60
TOTAL	10	100

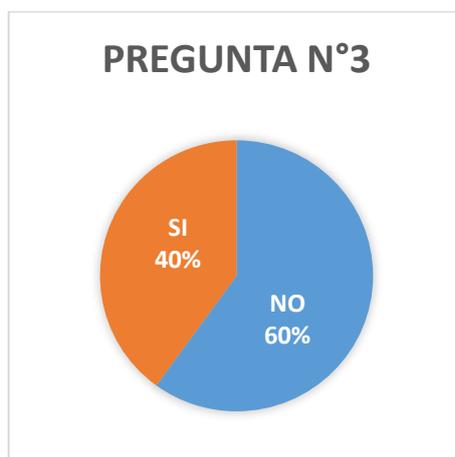


Figura 40: Existencia de una interfaz electrónica en el área de fisioterapia y rehabilitación.  
Fuente: El autor.

**Análisis:**

De los encuestados el 60% cuenta con una interfaz electrónica para el Monitoreo y Control en el Tratamiento de Enfermedades Neuromusculares, mientras que el 40 % desconoce.

**Interpretación:**

Se puede evidenciar según los datos obtenidos cuenta con una interfaz electrónica para el tratamiento de enfermedades neuromusculares.

- 4) ¿Conoce usted sobre la instrumentación virtual?

**Tabla 12:** Instrumentación virtual

<b>PREGUNTA N°4</b>		
<b>RESPUESTA</b>	<b>CAN/FREC</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	7	70
NO	3	30
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

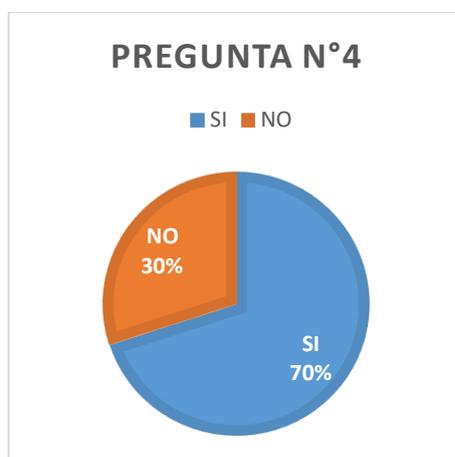


Figura 41: Aplicación de la instrumentación.  
Fuente: El autor.

**Análisis:**

El 70% de los encuestados conoce sobre la instrumentación virtual, mientras que el 30% desconoce sobre el tema.

**Interpretación:**

La mayor parte de los encuestados expresan que ellos conocen sobre la instrumentación virtual, a su vez; manifiestan que no es conocido el tema de la instrumentación virtual.

- 5) ¿Es necesario implementar un sistema de instrumentación virtual en el tratamiento de enfermedades neuromusculares para optimizar y ampliar el alcance de la atención médica?

**Tabla 13:** Necesidad sistema de instrumentación

<b>PREGUNTA N°5</b>		
<b>RESPUESTA</b>	<b>CAN/FREC</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	9	90
NO	1	10
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>



Figura 42: Implementación de un sistema de instrumentación virtual.  
Fuente: El autor.

### Análisis:

El 90% de los encuestados expresan que es necesario implementar un sistema de instrumentación virtual en el tratamiento de enfermedades neuromusculares para optimizar y ampliar el alcance de la atención médica, mientras que por su desconocimiento el 10% de los encuestados se expresan que no es necesario implementar el sistema.

### Interpretación:

Se puede evidenciar según los datos obtenidos que los médicos no utilizan el sistema de instrumentación virtual, mayoritariamente los médicos manifiestan que es importante tener un sistema virtual en el tratamiento de enfermedades neuromusculares para optimizar y ampliar el alcance de la atención médica.

- 6) ¿Es necesario implementar un electromiógrafo que sea accesible para los pacientes de las áreas rurales?

**Tabla 14:** Necesidad implementación de un electromiógrafo

PREGUNTA N°6		
RESPUESTA	CAN/FREC	PORCENTAJE %
SI	8	80
NO	2	20
TOTAL	10	100

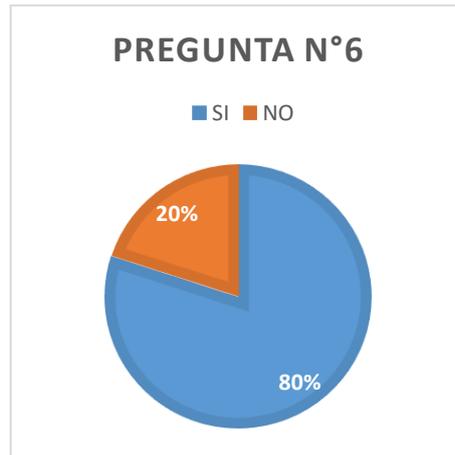


Figura 43: Implementación de un electromiógrafo accesible económicamente.  
Fuente: El autor.

### Análisis:

El 80% de los encuestados expresan que es necesario implementar un electromiógrafo que sea accesible para los pacientes de las áreas rurales, y el 20% de los encuestados se expresan que no es necesario implementar una electromiografía.

### Interpretación:

De los encuestados consideran que el 80%, es necesario implementar una electromiografía para los pacientes, y el desconocimiento del 20 % se manifiesta con un no es necesario. Los datos adquiridos a través de la pregunta seis, corrobora a la necesidad de implementar un instrumento médico que permita diagnosticar las enfermedades neuromusculares del paciente.

- 7) ¿Considera necesario implementar un instrumento médico preciso y exacto que permita realizar el tratamiento de enfermedades neuromusculares?

PREGUNTA N°7		
RESPUESTA	CAN/FREC	PORCENTAJE %
SI	10	100
NO	0	0
TOTAL	10	100



Figura 44: Implementación de un electroestimulador.  
Fuente: El autor.

**Análisis:**

El 100% de los encuestados expresan que es necesario implementar un instrumento médico que cumpla con las características estáticas manteniendo una precisión y exactitud al instante de adquirir las señales bioeléctricas provenientes de los músculos de la persona.

**Interpretación:**

En su totalidad el 100% de los encuestado afirma que es una buena idea y elección implementar un instrumento médico preciso y exacto para identificar el comportamiento de los músculos de la persona. Dado que el área de la medicina es exigente en el cuidado de la salud, se requiere que todo equipo médico sea funcional y sobre todo confiable al instante de monitorear una señal EMG.

- 8) ¿Considera usted que al implementar una interfaz electrónica ayudaría aumentar la calidad de atención médica en el monitoreo de enfermedades neuromusculares?

**Tabla 16:** Interfaz electrónica

<b>PREGUNTA N°8</b>		
<b>RESPUESTA</b>	<b>CAN/FREC</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	9	90
NO	1	10
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>



Figura 45: Implementación interfaz electrónica.  
Fuente: El autor.

**Análisis:**

De los encuestados el 90% afirman que, si ayudará aumentando la calidad de atención médica en el monitoreo de las enfermedades neuromusculares, mientras que el 10 % por su falta de desconocimiento dicen que no es necesario.

**Interpretación:**

La mayoría de los encuestado manifiestan que, si es una idea positiva para el bien de los pacientes, para una mejora.

- 9) ¿Considera usted que con la implementación de un sistema de instrumentación virtual ayudará al desarrollo personal y profesional del personal de salud tanto urbano como de los lugares remotos y distantes?

**Tabla 17: Desarrollo profesional**

<b>PREGUNTA N°9</b>		
<b>RESPUESTA</b>	<b>CAN/FREC</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	10	100
NO	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>



Figura 46: Desarrollo del personal profesional médico.  
Fuente: El autor.

**Análisis:**

De los encuestados el 100% afirma que con la implementación de un sistema de instrumentación virtual ayudará al desarrollo personal y profesional del personal de salud tanto urbano como de los lugares remotos y distantes.

**Interpretación:**

Los encuestados están de acuerdo que este sistema ayudará al desarrollo personal y profesional de salud tanto urbano como de los lugares remotos y distantes.

10) ¿Considera necesario innovar el área de rehabilitación a través de las tecnologías de la información y comunicación adoptando sistemas tecnológicos para brindar atención médica inmediata?

**Tabla 18: Innovar área de rehabilitación**

<b>PREGUNTA N°10</b>		
<b>RESPUESTA</b>	<b>CAN/FREC</b>	<b>PORCENTAJE %</b>
SI	10	100
NO	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>100</b>



Figura 47: Innovación del área de rehabilitación.  
Fuente: El autor.

**Análisis:**

La mayoría de los encuestado representan el 100% quienes están de acuerdo con innovar el área de rehabilitación a través de las tecnologías de la información y comunicación adoptando sistemas tecnológicos para brindar atención médica inmediata.

**Interpretación:**

Si es necesario innovar el área de rehabilitación a través de tecnologías de la información y comunicación para así aumenta el crecimiento de pacientes con una atención de calidad.

### 3.9 Conclusiones

- Una vez finalizado el proyecto se asevera que se cumplió con el objetivo principal, el cual consiste en el diseño de un sistema de instrumentación virtual para el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares.
- Se ha entregado un prototipo funcional que cumple con las características estáticas de un instrumento médico siendo a su vez accesible tanto para el profesional médico como para el paciente. En el posible caso que el gobierno no deseara invertir en la adquisición de mencionado instrumento, el paciente que sufre de enfermedades neuromusculares puede adquirir el equipo sin dificultad ya que el costo de la adquisición del equipo médico esta alrededor de 80 dólares, considerándolo accesible y económico más aun sabiendo que el equipo tiene dos funciones a la vez, el cual es permitir el diagnóstico y tratamiento de enfermedades neuromusculares.
- Con la implementación del sistema de instrumentación virtual se consigue ampliar el acceso de servicios médicos economizando tiempo y dinero para las personas de escasos recursos que pertenecen a las áreas rurales sin importar el lugar o la distancia logrando interactuarse en tiempo real el médico, auxiliar de enfermería y los pacientes, especialmente aquellos que padecen de enfermedades neuromusculares severos por lo que necesitan un control regular.
- Se logró implementar una interfaz electrónica funcional amigable para el usuario ya que los elementos gráficos del sitio web están distribuidos y preparados para ayudar a la aplicación del sitio, aquello permite que el profesional médico interactúe entre el dispositivo y el sistema con la función de monitorear y controlar sensorialmente a los pacientes que sufren de enfermedades neuromusculares.
- Con la implementación del sistema de instrumentación virtual se consigue ampliar el acceso de servicios médicos economizando tiempo y dinero para las personas de escasos recursos que pertenecen a las áreas rurales sin importar el lugar o la distancia logrando interactuarse en tiempo real el médico, auxiliar de enfermería y los pacientes, especialmente aquellos que padecen de enfermedades neuromusculares severos por lo que necesitan un control regular.
- Finalmente, en función del tercer objetivo específico la elección de la tecnología en la implementación del sistema de instrumentación virtual incluye todos los elementos necesarios tanto como hardware y software mismo que garantizan la integración,

simplicidad y calidad, en el monitoreo y control del funcionamiento del sistema nervioso periférico muscular.

### **3.10 Recomendaciones**

- Una vez implementado el instrumento médico, es necesario considerar que el equipo no soporta acceso hotspot ya que, debido a las características de la arquitectura de hardware, solo tiene conexión de acceso directo a Internet; por tal razón es obligatorio añadir en el desarrollo del código de la tarjeta NodeMCU la característica constante SSID con su respectivo password caso contrario el instrumento médico no tendrá comunicación a internet.
- Al trabajar con un servidor CloudMQTT de versión gratuita se tiene limitadas entradas de conexión por ello se sugiere contratar un plan de servicio Kala Koen en el caso de añadir más partes de los músculos mencionado plan permite realizar hasta 100 conexiones mismos que permitirán el monitoreo y control de enfermedades neuromusculares de más partes del cuerpo.
- Para que la arquitectura del hardware del electroestimulador pueda comunicarse con la tarjeta NodeMCU es necesario diseñar una placa adicional que permita la conexión debido a que la tarjeta desarrolladora, dispone solo de dos puertos de entrada analógicas, la cual una está asignada para el EMG.
- Para que los electrodos capten adecuadamente el potencial eléctrico de la musculatura del paciente, es recomendable rasurar y limpiar toda la zona donde van a ser ubicado los sensores, aquello permite reducir considerablemente la resistencia eléctrica provocada por la presencia de vellos.
- Por seguridad en la implementación del electroestimulador es obligatorio limitar la corriente con un transistor hasta 16mA, con ello evitaremos el riesgo de shock eléctrico que podría afectar la salud del paciente.

## Trabajos citados

- Advancer Technologies. (2015). *Datasheet MyoWare™ Muscle Sensor (AT-04-001)* .  
Obtenido de [https://cdn.sparkfun.com/assets/learn\\_tutorials/4/9/1/datasheet.pdf](https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/4/9/1/datasheet.pdf)
- Agulló, D., Constanza, M., Silva, F., & Ricardo Vivanco. (23 de Julio de 2012). *Seguridad e Integridad de la transferencia de datos*. Obtenido de <http://www.profesores.elo.utfsm.cl/~agv/elo322/1s12/project/reports/AgulloVivancoGuerraSilva.pdf>
- Asociación Iberoamericana de Telesalud y Telemedicina (AITT). (3 de Junio de 2015). *Informe Telesalud*. Obtenido de "Telesalud y Telemedicina: Salud Para Todos": <http://teleiberoamerica.com/publicaciones/InformeTelesaludTelemedicina-version-03Junio-2015a.pdf>
- Ballesteros Larrotta, D. (Diciembre de 2004). *APLICACIÓN DE LA TRANSFORMADA WAVELET DISCRETA EN EL FILTRADO DE SEÑALES BIOELÉCTRICAS*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/304/30400512.pdf>
- Barchiesi, J. V. (2008). *Introducción al Procesamiento Digital de Señales*. Obtenido de [http://www.euv.cl/archivos\\_pdf/senales.pdf](http://www.euv.cl/archivos_pdf/senales.pdf)
- Barrios, L. (15 de Octubre de 2015). *mediconecta*. Obtenido de ¿Es lo mismo Telesalud que Telemedicina?: <http://www.mediconecta.com/blogtelesalud/?p=363>
- Célleri, C., & Padrón, N. (Octubre de 2004). *Sistema Informatico para Monitoreo del Ritmo Cardíaco de Pacientes, Vía Internet*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/408/1/CD-0352.pdf>
- CICanela. (23 de Abril de 2013). *Articulo JSON*. Obtenido de <https://canela.me/articulo/JSON-JavaScript-jQuery/%C2%BFQu%C3%A9-es-JSON-para-qu%C3%A9-sirve-y-d%C3%B3nde-se-usa>
- CloudMQTT. (2018). *Documentation Getting started*. Obtenido de <https://www.cloudmqtt.com/docs.html>
- Cobo, R. (2011). *EL ABC DE LA AUTOMATIZACION*. Recuperado el 10 de Agosto de 2017, de <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>

- Del Valle, L. (2018). *NodeMCU tutorial paso a paso desde cero*. Obtenido de <https://programarfacil.com/podcast/nodemcu-tutorial-paso-a-paso/>
- EcuRed. (2014). *Clase (Programación)*. Obtenido de [https://www.ecured.cu/Clase\\_\(Programaci%C3%B3n\)](https://www.ecured.cu/Clase_(Programaci%C3%B3n))
- EscapeQuotes. (18 de Noviembre de 2015). *WeMos D1 mini pins and diagram*. Obtenido de <https://escapequotes.net/esp8266-wemos-d1-mini-pins-and-diagram/>
- Ferrer, O. (2001). *Telemedicina*. Recuperado el 09 de Agosto de 2017, de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LqDwGwZ9\\_B0C&oi=fnd&pg=PR3&dq=telemedicina&ots=RsCMHx3jOw&sig=vfdCOsO0bmOWAFL-0YjoF\\_Y8cuk#v=onepage&q=telemedicina&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LqDwGwZ9_B0C&oi=fnd&pg=PR3&dq=telemedicina&ots=RsCMHx3jOw&sig=vfdCOsO0bmOWAFL-0YjoF_Y8cuk#v=onepage&q=telemedicina&f=false)
- Github Developer. (2018). *“Library Arduino”*. Obtenido de <https://github.com/esp8266/Arduino/tree/master/doc/esp8266wifi>
- Granda Miguel, M., & Mediavilla Bolado, E. (2010). *Instrumentación Electrónica: Transductores y Acondicionamientos de señal*. Recuperado el 14 de Mayo de 2018, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ykOCAAQAQBAJ&oi=fnd&pg=PP5&dq=instrumentacion+virtual&ots=mD-jCjZRB4&sig=qbu8hloumuuoYLVbv25FiUeHtZs#v=onepage&q&f=false>
- Ibañes, C., Zuluaga, Á., & Trujillo, A. (2007). TELEMEDICINA: Introducción, aplicación y principios de desarrollo. *Redalyc.org*, 15. Obtenido de <http://bdigital.ces.edu.co:8080/repositorio/bitstream/10946/2911/1/10.pdf>
- IBM Developer. (12 de Junio de 2017). *Internet of Things*. Obtenido de <https://www.ibm.com/developerworks/ssa/library/iot-nodemcu-open-why-use/index.html>
- INEC. (2014). Instituto Nacional de Estadística y Censos, Estadísticas de Camas y Egresos Hospitalarios. Quito, Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2017). *Ecuador en Cifras*. Obtenido de Actividades y Recursos de Salud: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/actividades-y-recursos-de-salud/>

- Inteligencia Artificial. (12 de Junio de 2017). *Componentes Electrónicos y Robotica*. Obtenido de <http://www.inteligenciaartificialyrobotica.com/esp/item/379/sen-13723-sensor-muscular>
- Jara, P., & Nazar, P. (2009). *Estándar IEEE 802.11 X de las WLAN* . Obtenido de [http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard\\_802\\_11.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/standard_802_11.pdf)
- Jiménez Barbosa, W. G., & Acuña Gómez, J. S. (Junio de 2015). *Avances en telesalud y telemedicina: estrategia para acercar los servicios de salud a los usuarios*. Recuperado el 7 de Junio de 2018, de [https://www.researchgate.net/profile/Jimenez\\_Wilson\\_Giovanni/publication/284176732\\_Avances\\_en\\_telesalud\\_y\\_telemedicina\\_estrategia\\_para\\_acercar\\_los\\_servicios\\_de\\_salud\\_a\\_los\\_usuarios/links/564df69308ae4988a7a58359.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jimenez_Wilson_Giovanni/publication/284176732_Avances_en_telesalud_y_telemedicina_estrategia_para_acercar_los_servicios_de_salud_a_los_usuarios/links/564df69308ae4988a7a58359.pdf)
- Ley Orgánica de Salud. (2012). *LEY ORGANICA DE SALUD* . Obtenido de [https://www.todaunavida.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/SALUD-LEY\\_ORGANICA\\_DE\\_SALUD.pdf](https://www.todaunavida.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/SALUD-LEY_ORGANICA_DE_SALUD.pdf)
- Litwin, E. (2000). *Tecnología educativa Política, historias, propuestas*. Obtenido de [http://cursa.ihmc.us/rid=1304906911562\\_1271457301\\_25975/30LIGUORI-Laura-Las-nuevas-tecnologias.pdf](http://cursa.ihmc.us/rid=1304906911562_1271457301_25975/30LIGUORI-Laura-Las-nuevas-tecnologias.pdf)
- López, J., Rebage, V., & Baldellou, A. (2005). *Enfermedades neuromusculares hereditarias en pediatría. Nuestra experiencia de 14 años*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Pena-Segura/publication/7698996\\_Hereditary\\_neuromuscular\\_diseases\\_in\\_paediatrics\\_Our\\_experience\\_over\\_the\\_last\\_14\\_years/links/568e945e08aef987e567c7a6.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Pena-Segura/publication/7698996_Hereditary_neuromuscular_diseases_in_paediatrics_Our_experience_over_the_last_14_years/links/568e945e08aef987e567c7a6.pdf)
- López, R., Guaman, G., Vilela, L., & Echanique, P. (Enero de 2010). *Programa Nacional de Telemedicina/Telesalud – Ecuador*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/233786437\\_Programa\\_Nacionalde\\_TelemedicinaTelesalud\\_-\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/233786437_Programa_Nacionalde_TelemedicinaTelesalud_-_Ecuador)
- MedlinePlus. (04 de Junio de 2018). *Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos*. Recuperado el 20 de Junio de 2018, de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000919.htm>

- Mintel, & MSP. (Marzo de 2013). “*Expansión del Programa de Telemedicina a Nivel Nacional*”. Recuperado el 09 de agosto de 2017, de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/01/Expansion-del-Programa-de-Telemedicina-Nivel-Nacional.pdf>
- National Institute of Neurological Disorders and Stroke. (Julio de 2007). *Trastornos Neuromusculares*. Obtenido de [https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/distrofia\\_muscular.htm](https://espanol.ninds.nih.gov/trastornos/distrofia_muscular.htm)
- National Institutes of Health. (Noviembre de 2016). *Creating Biomedical Technologies to Improve Health*. Recuperado el 03 de junio de 2018, de <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/telesalud>
- Peña Preciado, E. (22 de Octubre de 2013). *Mapa del Ecuador*. Obtenido de Ecuador: [http://gastronomiaindustrial.blogspot.com/2013/10/blog-post\\_9017.html](http://gastronomiaindustrial.blogspot.com/2013/10/blog-post_9017.html)
- PEÑA, A. (2013). *INVESTIGACION ACTUAL EN REHABILITACION MEDICA DE LAS DISCAPACIDADES*. Recuperado el 10 de Agosto de 2017, de <https://campus.usal.es/~inico/investigacion/jornadas/jornada1/confer/con6.html>
- Pérez García, M. Á. (2014). *Instrumentación Electrónica*. (Paraninfo, Ed.) Recuperado el 12 de Junio de 2018, de [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Fb5tBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=instrumentaci%C3%B3n+electr%C3%B3nica&ots=2DAXt2TTnV&sig=hcGMX0j3a319gNC4mfSiEIHsW2w&redir\\_esc=y#v=onepage&q=instrumentaci%C3%B3n%20electr%C3%B3nica&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Fb5tBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=instrumentaci%C3%B3n+electr%C3%B3nica&ots=2DAXt2TTnV&sig=hcGMX0j3a319gNC4mfSiEIHsW2w&redir_esc=y#v=onepage&q=instrumentaci%C3%B3n%20electr%C3%B3nica&f=false)
- Pérez, J., & Merino, M. (2012). *DEFINICIÓN DE FIRMWARE*. Obtenido de <https://definicion.de/firmware/>
- Poostephania. (13 de Junio de 2012). *PROGRAMACION ORIENTADA A OBJETOS*. Obtenido de <http://poostephania.blogspot.com/2012/05/instanciacion.html>
- Proakis, J., & Manolakis, D. (2007). *Tratamiento digital de señales*. Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55167214/Tratamiento\\_Digital\\_de\\_Senales\\_4\\_Ed.\\_-\\_\\_John\\_G\\_Proakis\\_\\_Dimitris\\_G\\_Manolakis.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOW](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55167214/Tratamiento_Digital_de_Senales_4_Ed._-__John_G_Proakis__Dimitris_G_Manolakis.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOW)

YYGZ2Y53UL3A&Expires=1544278721&Signature=QU08ep2voEBzUcxLKV3hbGlicbM%3D&response-content-dis

Ruiz Manuel, Borboa, M., & Rodríguez, J. (13 de Agosto de 2013). *EL ENFOQUE MIXTO DE INVESTIGACIÓN EN LOS ESTUDIOS FISCALES*. Obtenido de <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/13/estudios-fiscales.pdf>

Sánchez, J. (2008). *Plataformas tecnológicas para el entorno educativo*. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17239/2/articulo2.pdf>

Santos, A., & Fernández, A. (Octubre de 2013). *Desarrollo de la telesalud en America Latina Aspectos conceptuales y estado actual*. Recuperado el 06 de 06 de 2018, de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35453/S2013129\\_es.pdf;jsessionid=7EBF5B2B53CDB4F85714870C1F1EA022?sequence=1](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35453/S2013129_es.pdf;jsessionid=7EBF5B2B53CDB4F85714870C1F1EA022?sequence=1)

Singh, G. (2017). *Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unido*. Obtenido de Un enfoque de ingeniería de sistemas: Mejora de la seguridad de los medicamentos con uso clínico de la salud: <https://healthit.ahrq.gov/key-topics/health-it-small-and-rural-communities>

Sparkfun. (2018). *Kit de sensores musculares MyoWare*. Obtenido de [https://learn.sparkfun.com/tutorials/myoware-muscle-sensor-kit?\\_ga=2.97261852.2073670822.1544026329-1566091362.1544026329#myoware-muscle-sensor](https://learn.sparkfun.com/tutorials/myoware-muscle-sensor-kit?_ga=2.97261852.2073670822.1544026329-1566091362.1544026329#myoware-muscle-sensor)

UPC. (18 de Noviembre de 2012). *Ingeniería biomédica, tecnología que hace avanzar la medicina*. Recuperado el 10 de Agosto de 2017, de <http://www.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticies/ingenieria-biomedica-tecnologia-que-hace-avanzar-la-medicina>

Viloria Núñez, C., Cardona Peña, J., & Lozano Garzón, C. (2009). *Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina*. Recuperado el 06 de Junio de 2018, de Ingeniería y Desarrollo: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85212371012>

# ANEXOS

## **ANEXO A: GLOSARIO DE TÉRMINOS**

### **TELEMÁTICA:**

La telemática es parte de la ciencia evolucionada de las telecomunicaciones y la informática. En la actualidad los ordenadores no solamente son utilizadas para comunicarse a través de punto físico, sino que también se puede comunicar con sistemas automáticos de mayores dimensiones por medio de una línea telefónica que permiten el envío y recepción de datos (Litwin, 2000)

### **TELEMETRÍA:**

La telemetría es aquella que permite medir una magnitud física en un lugar inaccesible para los aparatos convencionales o en lugares de acceso peligrosos como son los volcanes. Se adquiere, registra y controla variables físicas mediante sensores que son elementos primarios que están en contacto directo con la variable a medir que a través de un sistema de instrumentación almacena la información, la procesa y la visualiza. (Célleri & Padrón, 2004)

### **PROTOCOLOS TLS:**

Es un protocolo de cifrado que brinda seguridad de la información entre dos aplicaciones. Este protocolo está permite la privacidad ya que para la accesibilidad a los datos se requiere de autenticación en los servidores. (Agulló, Constanza, Silva, & Ricardo Vivanco, 2012)

### **PROTOCOLO SSL:**

El protocolo SSL utiliza datos digitales para establecer comunicaciones seguras en internet. Las versiones TLS están basadas en SSL y son similares en el modo de operar. (Agulló, Constanza, Silva, & Ricardo Vivanco, 2012)

### **SEÑALES BIOELÉCTRICAS:**

Las señales bioeléctricas contienen frecuencias no deseadas que son generadas por distintas causas como interferencias de la red, que no puede ser elimina por filtros analógicos convencionales. (Ballesteros Larrotta, 2004)

## **ENFERMEDADES NEUROMUSCULAR:**

Son trastornos heterogéneos que sufren los músculos sin importar la edad, las manifestaciones que produce son debilidad muscular a tal punto que puede causar parálisis según sea el tipo de distrofia muscular. (López, Rebage, & Baldellou, 2005)

## **INSTANCIA:**

Una instancia de un programa es una copia de una versión ejecutable del programa que ha sido escrito en la memoria del computador. Una instancia de un programa es creada típicamente por el clic del usuario en un icono de interfaz gráfico para usuario. (Poostephania, 2012)

## **CLASES:**

Es una relación que permiten generar una programación personalidad mediante la agrupación de variables de otros tipos, por lo general las clases se las utiliza en la programación orientada a objetos. La clase define los datos y el comportamiento de un tipo o método. (EcuRed, 2014)

## **FIRMWARE:**

Se conoce como firmware al conjunto de instrucciones de un programa informático que se encuentra registrado en una memoria ROM, flash o similar. Estas instrucciones fijan la lógica primaria que ejerce el control de los circuitos de alguna clase de artefacto. (Pérez & Merino, 2012)

## **JSON:**

Es un estándar basado en texto plano para el intercambio de información, por lo que se usa en varios sistemas que requieren mostrar o enviar información para ser interpretada por otros sistemas. (CICanela, 2013)

## ANEXO B: CÓDIGO NODEMCU

```
#include <ESP8266WiFi.h> //incluyo la libreria del módulo nodemcu

#include <PubSubClient.h>

#include <SoftwareSerial.h>

long t0, t1, t2;

int nivel, tiempo, encendido, confir, voltaje;

int var_entrada, var_entrada2, s1;

int contconexion = 0;

int muestreo = 10;

int muestreo1, muestreo2;

int datos = 22;

const char* ssid = "INTERNET CNT MERY"; // puntero ssid

const char* password = "@#mery@#"; // puntero password

//const char* ssid = "Movil"; // puntero ssid

//const char* password = "jakeline0501585467"; // puntero password

char SERVER[50] = "54.76.137.235"; //"m23.cloudmqtt.com"

int SERVERPORT = 16700;

String USERNAME = "canton1";

char PASSWORD[50] = "1234567";

char PLACA[50];

const char* topic_salida1 = "muscular";

const char* topic_salida2 = "encendido";

const char* topic_salida3 = "voltaje";
```

```

const char* topic_salida4 = "musculo";

const char* topic_salida5 = "confirmacion";

char valueStr[500];

String str_var1 = "/";

String str_var2 = "/";

String str_var3 = "/";

String str_var4 = "/";

String str_var5 = "/";

char EMG[50];

char v1[50];

char v2[50];

char v3[50];

char v4[50];

char v5[50];

boolean s;

String str_emg, str_i;

WiFiClient espClient;

PubSubClient client(espClient);

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {

char PAYLOAD[255] = "";

```

```
Serial.print("Mensaje Recibido ");
```

```
Serial.println(topic);
```

```
for (int i = 0; i < length; i++) {
```

```
    PAYLOAD[i] = (char)payload[i];
```

```
}
```

```
if (String(topic) == String(v2)) {
```

```
    var_entrada = atoi(PAYLOAD);
```

```
    if (var_entrada == 2) {
```

```
        Serial.println("encendido");
```

```
        encendido = 2;
```

```
    }
```

```
    else if (var_entrada == 1) {
```

```
        Serial.println("apagado");
```

```
        encendido = 1;
```

```
    }
```

```
}
```

```
if (String(topic) == String(v3)) {
```

```
    char* p;
```

```
    p = PAYLOAD;
```

```
    var_entrada = atoi(p);
```

```
p = strchr( p, ' ' ) + 1;
var_entrada2 = atoi(p);
if (var_entrada == 1) {
    Serial.println("nivel 1");
    nivel = 1;
    Serial.print("tiempo = ");
    tiempo = (var_entrada2 * 60000);
    Serial.println(tiempo);
}
else if (var_entrada == 2)
{
    Serial.println("nivel 2");
    nivel = 2;
    Serial.print("tiempo = ");
    tiempo = (var_entrada2 * 60000);
    Serial.println(tiempo);
}
else if (var_entrada == 3) {
    Serial.println("nivel 3");
    nivel = 3;
    Serial.print("tiempo = ");
    tiempo = (var_entrada2 * 60000);
    Serial.println(tiempo);
}
```

```

    }
}

void reconnect() {
    uint8_t retries = 3;
    while (!client.connected()) {
        Serial.print("Intentando conexion MQTT...");

        // Crea un ID de cliente al azar
        String clientId = "ESP8266Client-";
        clientId += String(random(0xffff), HEX);

        // Attempt to connect
        USERNAME.toCharArray(PLACA, 50);

        if (client.connect("", PLACA, PASSWORD)) {
            Serial.println("conectado");
            client.publish(v2, "Tema 2");
            client.subscribe(v2);
            client.publish(v3, "Tema 3");
            client.subscribe(v3);
        } else {
            Serial.print("fallo, rc=");
            Serial.print(client.state());

```

```

Serial.println(" intenta nuevamente en 5 segundos");

digitalWrite(D4, LOW);

delay(2000);

digitalWrite(D4, HIGH);

}

retries--;

if (retries == 0) {

    digitalWrite(D4, LOW);

    // esperar a que el WDT lo reinicie

    //while (1);

}

}

}

void setup() {

    Serial.begin(115200);

    pinMode(D5, OUTPUT);

    pinMode(D6, OUTPUT);

    pinMode(D4, OUTPUT);

    analogWriteFreq(10000);

    digitalWrite(D6, HIGH);

```

```
digitalWrite(D4, HIGH);
```

```
t2 = 0;
```

```
encendido = 1;
```

```
tiempo = 0;
```

```
nivel = 1;
```

```
s = true;
```

```
str_var1.concat(USERNAME);
```

```
str_var1.concat("/");
```

```
str_var1.concat(topic_salida1);
```

```
str_var1.toCharArray(v1, 50);
```

```
str_var2.concat(USERNAME);
```

```
str_var2.concat("/");
```

```
str_var2.concat(topic_salida2);
```

```
str_var2.toCharArray(v2, 50);
```

```
str_var3.concat(USERNAME);
```

```
str_var3.concat("/");
```

```
str_var3.concat(topic_salida3);
```

```
str_var3.toCharArray(v3, 50);
```

```
str_var4.concat(USERNAME);

str_var4.concat("/");

str_var4.concat(topic_salida4);

str_var4.toCharArray(v4, 50);

str_var5.concat(USERNAME);

str_var5.concat("/");

str_var5.concat(topic_salida5);

str_var5.toCharArray(v5, 50);

WiFi.begin(ssid, password);

/*IPAddress ip(192, 168, 1, 19);

IPAddress gateway(192, 168, 1, 1);

IPAddress subnet(255, 255, 255, 192);

IPAddress dns1(208, 67, 220, 220);

IPAddress dns2(208, 67, 222, 222);

WiFi.config(ip, gateway, subnet, dns1, dns2);*/

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {

  Serial.print(".");

  digitalWrite(D4, LOW);

  delay(1000);

  digitalWrite(D4, HIGH);
```

```

}

Serial.println();

Serial.println("Conectado a red Wifi");

Serial.println("Direccion IP: ");

Serial.println(WiFi.localIP());

client.setServer(SERVER, SERVERPORT);

client.setCallback(callback);

str_var1.toCharArray(EMG, 50);

str_var5.toCharArray(v5, 50);

}

void loop() {

// Por defecto la variable encendido toma el valor de 1 para el monitoreo del musculo

switch (encendido) {

//Monitoreo del musculo lectura de la señal analógica número 1

case 1:

digitalWrite(D0, LOW);// habilito la salida número 1 del multiplexor cd4052

// pregunto por la conexión mqtt

analogWrite(D5, 1020);

if (!client.connected()) {

```

```

    reconnect();// intento conectarme nuevamente con el servidor mqtt
}

client.loop();// modo envio de datos al servidor desde el cliente

// creo la cadena de valores o vector que contiene la informacion de la señal muestreada

str_emg = muestreo;

str_emg.concat(" ");

str_emg.concat(datos);

str_emg.concat(" ");

str_emg.concat("1");

str_emg.concat(" ");

for (int i = 0; i < datos; i++) {

    str_emg.concat("/");

}

s1 = map(analogRead(A0), 0, 1023, 0, 999);

int t = String(s1).length();

String nuevo_valor = "0";

switch (t) {

    case 1:

        nuevo_valor.concat("0");

        nuevo_valor.concat(s1);

        break;

    case 2:

        nuevo_valor.concat(s1);

```

```

        break;

default:

    nuevo_valor = String(s1);

    break;

}

str_emg.concat(nuevo_valor);

delay(muestreo);

}

str_emg.toCharArray(valueStr, 100);

Serial.println("Enviando: [" + String(EMG) + "] " + str_emg);// imprimo en el puerto
serie el vector con la informacion de la señal muestreada del esfuerzo muscular

client.publish(EMG, valueStr);// publico la información en el servidor

break;

case 2:

    // inicio el estimulador muscular previamente publicadas las variables tiempo, musculo
y nivel

    if (nivel == 1) {

        if (!client.connected()) {

            reconnect();// intento conectarme nuevamente con el servidor mqtt

        }

        client.loop();// modo envio de datos al servidor desde el cliente

        // creo la cadena de valores o vector que contiene la informacion de la señal muestreada

```

```

Serial.println("ENCENDIDO MUSCULO 1");

estimulador(606, 800);

Serial.println("APAGADO MUSCULO 1");

client.publish(v5, "0");

}

else if (nivel == 2) {

  if (!client.connected()) {

    reconnect();// intento conectarme nuevamente con el servidor mqtt

  }

  client.loop();// modo envio de datos al servidor desde el cliente

  // creo la cadena de valores o vector que contiene la informacion de la señal muestreada

  Serial.println("ENCENDIDO MUSCULO 2");

  estimulador(590, 800);

  Serial.println("APAGADO MUSCULO 2");

  client.publish(v5, "0");

}

else if (nivel == 3) {

  if (!client.connected()) {

    reconnect();// intento conectarme nuevamente con el servidor mqtt

  }

  client.loop();// modo envio de datos al servidor desde el cliente

```

```

// creo la cadena de valores o vector que contiene la informacion de la señal muestreada

Serial.println("ENCENDIDO MUSCULO 3");

estimulador(350, 800);

Serial.println("APAGADO MUSCULO 3");

client.publish(v5, "0");

}

break;

default:

// if nothing else matches, do the default

// default is optional

break;

}

}

void estimulador(int pwm, int tiempo_pulso) {

digitalWrite(D0, HIGH);// habilito la salida número 2 del multiplexor cd4052

while ( t2 <= tiempo && encendido == 2) {

client.loop();

t0 = millis();

```

```

digitalWrite(D6, LOW);

digitalWrite(D4, HIGH);

analogWrite(D5, pwm);

delay(10);

digitalWrite(D6, HIGH);

digitalWrite(D4, LOW);

delay(tiempo_pulso);

t1 = millis() - t0;

t2 = t1 + t2;

Serial.println(t2);

if (!client.connected()) {

    //reconnect();// intento conectarme nuevamente con el servidor mqtt

}

else {

    str_emg = muestreo;

    str_emg.concat(" ");

    str_emg.concat(datos);

    str_emg.concat(" ");

    str_emg.concat("1");

    str_emg.concat(" ");

    for (int i = 0; i < datos; i++) {

        str_emg.concat("/");

```

```

s1 = 0;

int t = String(s1).length();

String nuevo_valor = "0";

switch (t) {

case 1:

    nuevo_valor.concat("0");

    nuevo_valor.concat(s1);

    break;

case 2:

    nuevo_valor.concat(s1);

    break;

default:

    nuevo_valor = String(s1);

    break;

}

str_emg.concat(nuevo_valor);

delay(muestreo);

}

str_emg.toCharArray(valueStr, 100);

Serial.println("Enviando: [" + String(EMG) + "] " + str_emg);// imprimo en el puerto
serie el vector con la informacion de la señal muestreada del esfuerzo muscular

client.publish(EMG, valueStr);// publico la información en el servidor

```

```
    }  
  }  
  
  analogWrite(D5, 1020);  
  digitalWrite(D6, HIGH);  
  digitalWrite(D0, LOW);  
  digitalWrite(D4, HIGH);  
  
  Serial.println(t2);  
  
  encendido = 1;  
  
  t2 = 0;  
  
  t0 = 0;  
  
  tiempo = 0;  
  
}
```



**ANEXO C: FORMATO DE LA ENCUESTA APLICADA**

**ENCUESTA**

**Objetivo:**

Identificar el uso de la instrumentación virtual como parte de la telesalud para el desarrollo de una interfaz electrónica que permita el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares.

**INSTRUCCIONES**

Estimados Señor/a, Srta, lea detenidamente las preguntas y marque con una (x) donde corresponda según su criterio.

**PREGUNTAS**

1. **¿Conoce usted sobre la telemedicina?**

SI	( )
NO	( )

2. **¿Qué tipo de métodos de la telemedicina conoce usted?**

Método síncrono	( )
Método asíncrono	( )
Ninguna	

3. **¿El área de fisioterapia cuenta con una interfaz electrónica para el Monitoreo y Control en el Tratamiento de Enfermedades Neuromusculares?**

SI	( )
NO	( )

4. **¿Conoce usted sobre la instrumentación virtual?**

SI	( )
NO	( )

5. **¿Es necesario implementar un sistema de instrumentación virtual en el tratamiento de enfermedades neuromusculares para optimizar y ampliar el alcance de la atención médica?**

SI	( )
NO	( )

6. **¿Es necesario implementar un electromiógrafo que sea accesible para los pacientes de las áreas rurales?**

SI	( )
NO	( )

7. **¿Considera necesario implementar un instrumento médico preciso y exacto que permita realizar el tratamiento de enfermedades neuromusculares?**

SI	( )
NO	( )

8. **¿Considera usted que al implementar una interfaz electrónica ayudaría aumentar la calidad de atención médica en el monitoreo de enfermedades neuromusculares?**

SI	( )
NO	( )

9. **¿Considera usted que con la implementación de un sistema de instrumentación virtual ayudará al desarrollo personal y profesional del personal de salud tanto urbano como de los lugares remotos y distantes?**

SI	( )
NO	( )

10. **¿Considera necesario innovar el área de rehabilitación a través de las tecnologías de la información y comunicación adoptando sistemas tecnológicos para brindar atención médica inmediata?**

SI	( )
NO	( )

Gracias por su colaboración

## ANEXO D: EQUIPO MÉDICO IMPLEMENTADO



# **Aplicación de la Instrumentación Telemática para el Monitoreo y Control en el Tratamiento de Enfermedades Neuromusculares**

Nelson R Sinchiguano<sup>1</sup>, Ph.D. Fidel D Parra<sup>2</sup>

Universidad Tecnológica Israel, Ecuador

e-mail: n.sinchiguano@gmail.com

## **RESUMEN**

Día a día los avances tecnológicos permiten cambiar a una sociedad transformando los flujos económicos, sobre todo cuando se encuentra inmersa en el ámbito de la salud. Si bien es cierto que el desarrollo de la era digital permite a cada persona tener oportunidades de acceso a varios campos de la medicina, Ecuador al igual que otros países aprovechando la tecnología ha generado proyectos que brinden atención médica a personas de las áreas rurales, sin embargo, la ejecución del mismo va a pasos cortos. Al analizar la situación actual sobre el aporte de la tecnología en el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares se ha identificado que en ciertos centros de atención médica existe problemas en la dotación de servicios médicos. Hoy en día gracias a los avances de la tecnología es posible mejorar el cuidado de la salud, es por ello que la investigación inicia con el fin de innovar la atención médica a través de las tecnologías de la información y la comunicación. La metodología utilizada en la investigación da inicio al aplicar una encuesta dirigida a los usuarios del área médica, del mismo modo el usar la lectura científica permite fortalecer los conocimientos, logrando así determinar los problemas que enfrenta el área de fisioterapia y rehabilitación, por lo que se concluye que la principal deficiencia es la falta de tecnología y actualización de sistemas. Por lo mencionado, en base a la instrumentación telemática se ha logrado implementar una estrategia tecnológica que corrobore con el programa Nacional de Telemedicina/Telesalud – Ecuador.

## **ABSTRACT**

Every day technological advances allow changing a society transforming economic flows, especially when it is immersed in the field of health. While it is true that the development of the digital age allows each person to have access to various fields of medicine, Ecuador, like other countries, taking advantage of the technology has generated projects that provide medical care to people in rural areas, without However, the execution of the same goes to short steps. When analyzing the current situation on the contribution of technology in monitoring and control in the treatment of neuromuscular diseases, it has been identified that in certain health care centers there are problems in the provision of medical services. Nowadays, thanks to advances in technology, it is possible to improve health care, which is why research begins with the aim of innovating medical care through information and communication technologies. The methodology used in the research begins with the application of a survey directed to the users of the medical area, in the same way the use of scientific reading allows to strengthen the knowledge, thus being able to determine the problems facing the area of physiatry and rehabilitation, for which reason It is concluded that the main deficiency is the lack of technology and systems updating. Therefore, based on telematic instrumentation, it has been possible to implement a technological strategy that corroborates with the National Telemedicine / Telehealth program - Ecuador.

## 1. Introducción

Si bien es cierto que la medicina ha avanzado a pasos agigantados en el país, gran parte de los centros de atención médica están encaminados por auxiliares de enfermería, lo que implica que el personal requiera comunicación continua con un médico especialista para estimar diagnósticos o tratamientos detectados en el paciente, además, debido a que los conocimientos adquiridos por el auxiliar de enfermería son limitados es importante mantener la relación de comunicación, formación y consulta entre profesionales de la misma rama.

En la actualidad el gobierno de Ecuador trabaja orientado al desarrollo del país, proponiendo proyectos de mejoras tecnológicas tanto en educación como en salud, sin embargo, en el documento “Expansión del Programa de Telemedicina a Nivel Nacional” [1] menciona que el Ecuador tiene problemas en la dotación de servicios médicos, especialmente en unidades de salud remotas o distantes de los centros de tercer nivel; aquello implica la falta de un médico especialista que permitan cubrir la demanda de pacientes según el caso de cada persona. La falta de un instrumento médico accesible, que permita el diagnóstico y rehabilitación inmediata es

preocupante más aun considerando que la mayoría de pacientes que asisten a un centro de atención médica son de bajos recursos. Además, se suman otros inconvenientes en función de la gran diversidad geográfica que contiene el país provocando aislamientos de unidades de salud remotas acompañadas de conflictos de comunicación interna, [1].

Por otra parte con el desarrollo de la instrumentación Biomédica y el rol importante que conlleva a la telemática se pretende crear un instrumento médico accesible para los pacientes; mismo que permita el tratamiento de diversas enfermedades neuromusculares a través de una interfaz electrónica de comunicación remota, además que sea de fácil interacción con el usuario en la adquisición, análisis y procesamiento de señales bioeléctricas provenientes del cuerpo humano con la finalidad de aprovechar ciertos instrumentos basados en computadora, mismo que aumentan el rendimiento y reducen el costo de las pruebas, mediciones y aplicaciones de la medicina a distancia.

Considerando que para [2], la telemedicina significa “medicina practicada a distancia” y como tal incluye, tanto al diagnóstico como al tratamiento,

surge la necesidad de crear un sistema de instrumentación virtual que contenga un modelo de Interfaz Maquina Humano (HMI), conocida también como una interfaz electrónica de comunicación remota para la adquisición, monitoreo y procesamiento de señales bioeléctricas.

De ahí que dentro de la investigación se plantean ciertas interrogantes a resolver, como: ¿El personal médico y pacientes están preparados en el uso de la telesalud?, ¿Se puede diseñar un sistema HMI para el tratamiento de enfermedades neuromusculares, optimizando tiempo y recursos a los pacientes?, ¿El sistema ofrece flexibilidad en cuanto al tratamiento de señales bioeléctricas?, ¿Se puede mantener un sistema de integridad y seguridad de los sistemas de tele monitoreo?, etc.

## **2. Desarrollo**

### **2.1 Telesalud**

La telesalud simplemente se define como un sistema electrónico de comunicación que se emplean a cualquier distancia, siendo su principal objetivo mejorar la salud de la población, y la atención médica, así como la educación, capacitación, administración e investigación, [3].

### **2.1.1 Telemedicina**

La telemedicina consiste en brindar los servicios profesionales médicos a través de una interfaz electrónica, misma que permite interactuar el intercambio de información entre los profesionales médicos, de tal forma que ayude a proporcionar: educación y cuidados a los pacientes, con el fin de mejorar la calidad de la atención, proceso que incluye actividades de consulta, diagnóstico y tratamiento, [4].

#### ***Tipos de telemedicina***

La teleconsulta forma parte de la telemedicina abarcando dos métodos importantes para el desarrollo de la medicina, cada método debe ser orientado según la aplicación a ser implementado, entre ellos tenemos el método sincrónico y el asincrónico, [5].

#### ***El método sincrónico***

Forma parte de las redes digitales que permite la comunicación online de persona a persona; es decir, al mismo instante en que se transmite la información los usuarios pueden interactuar en tiempo real a través de una computadora, [5].

#### ***El método Asincrónico***

A diferencia del método síncrono no es necesario que la persona que transmite y quien recepta se encuentren presentes en tiempo real ya que la característica

principal del método síncrono es guardar y reenviar la información, [5].

### 2.1.2 Instrumentación.

La instrumentación es una rama científico-teórica cuyo objetivo es mejorar la capacidad de percepción de la realidad mediante el uso de cualquier tipo de técnicas y sistemas. La percepción de la realidad hace referencia a la extracción de información del entorno, de un sistema o de un proceso mediante la identificación y cuantificación de sus variables características, [6].

### 2.1.3 Instrumentación Virtual

Consiste en un entorno de programación gráfica que permite el control y la simulación de cualquier instrumento local o remoto y, al mismo tiempo, es una herramienta potente de adquisición y procesado de señales, [7].

#### *Instrumento virtual*

Es un módulo de software que simula el panel frontal y las funciones de un instrumento real y basándose en todos los instrumentos físicos que pueden ser accesibles para el ordenador como el ethernet realiza una serie de medidas como si se tratase de un instrumento real, [7].

### 2.1.4 Instrumento de medición EMG

Es un equipo médico que permite medir el comportamiento del potencial eléctrico de la musculatura de una persona, mencionado instrumento se lo conoce como electromiógrafo. Desde años atrás hasta la actualidad, el electromiógrafo se utiliza en la investigación médica para el diagnóstico de trastornos neuromusculares, [8].

## 2.2 Presentación de la propuesta

Puesto que el desarrollo de la investigación contiene diferentes tecnologías y arquitecturas, las cuales permiten aplicar la instrumentación telemática para el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares es relevante presentar las etapas que conforma el desarrollo práctico del sistema de instrumentación virtual que permiten a la vez innovar el proceso de atención en el área de fisioterapia y rehabilitación de un establecimiento de salud.

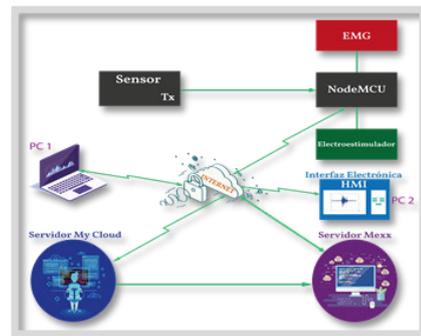


Figura 1: Esquema general de la propuesta.  
Fuente El Autor.

La Figura 1, muestra la dinámica del sistema en la que consiste en mantener una comunicación remota, en donde el paciente situado en un punto de atención médica con la ayuda de un auxiliar de enfermería envía la señal EMG capturadas por el electromiógrafo a través de una red de área amplia (WAN), mencionada red trabaja con un servidor de mensajería MQTT, el cual permite realizar aplicaciones del internet de las cosas entre sensores de baja potencia y dispositivos móviles, su principal característica es que consume poco ancho de banda y es ideal para el internet de las cosas de los dispositivos conectados, finalmente la señal EMG es recibida en otro punto donde se encuentra el médico, que gracias a la interfaz electrónica puede realizar el monitoreo y control de personas que sufren enfermedades neuromusculares.

### **2.2.1 Arquitectura del hardware para la comunicación de los instrumentos biomédicos con la interfaz electrónica**

Las arquitecturas del hardware seleccionadas contienen puntos de entradas y salidas de señales analógicas mismas que permiten la adquisición, procesamiento, y transmisión de las señales bioeléctricas provenientes de la contracción muscular, así mismo permite

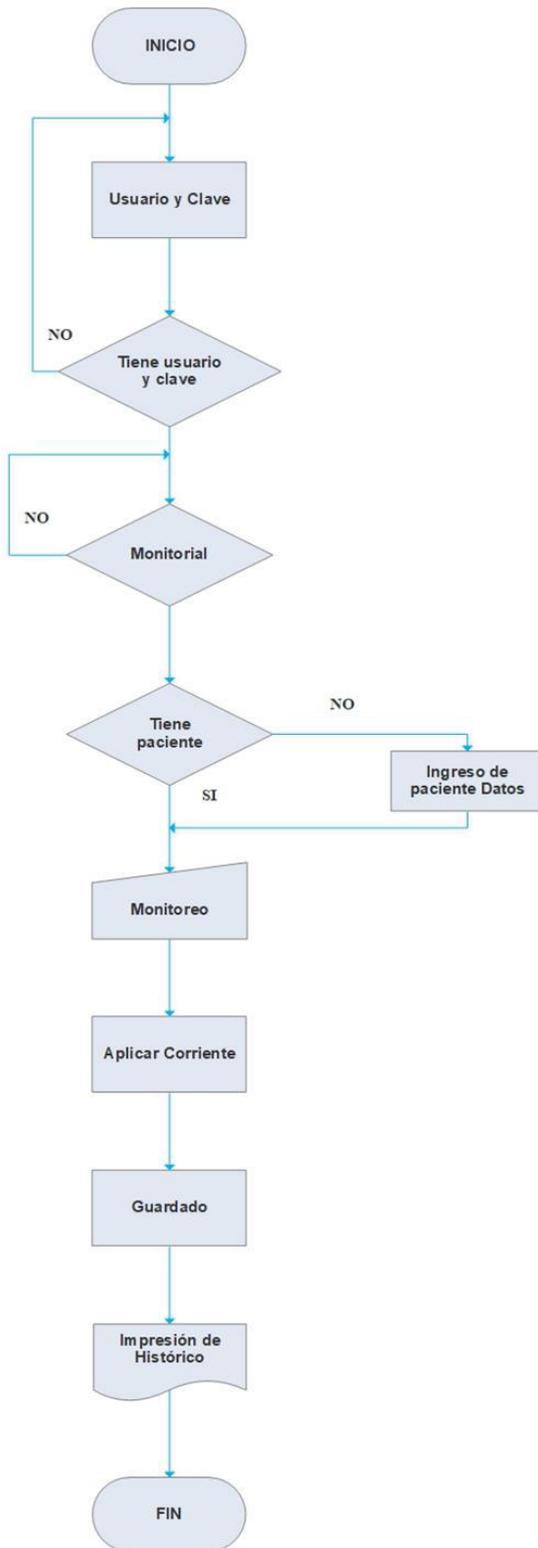
la comunicación y control del electroestimulador con la interfaz electrónica que a través de señales analógicas permite activar los pulsos eléctricos para el tratamiento de enfermedades neuromusculares.

### **2.2.2 Arquitectura del software del sistema**

La arquitectura del software en el desarrollo y funcionalidad de la interfaz electrónica consiste en un conjunto de patrones y abstracciones pertinentes que proporcionan a una lógica de instrucciones, necesario para orientar la construcción del software permitiendo la comunicación entre los módulos de adquisición de datos y la PC.

### ***Diagrama de flujo de la estructura funcional de la interfaz electrónica.***

El diagrama de flujo permite comprender el proceso funcional de la interfaz electrónica como parte del sistema de instrumentación virtual remoto. La Figura 2, muestra la estructura lógica de la solución del problema independiente del lenguaje a utilizar.



**Figura 2:** Diagrama de flujo de la estructura funcional de la interfaz electrónica.  
**Fuente:** El Autor.

### 3. Resultados

#### 3.1 Validación de la propuesta

Una vez concluido con la implementación del sistema de instrumentación virtual remoto, es necesario validar el diseño del sistema HMI para la adquisición, monitoreo y procesamiento de señales bioeléctricas, provenientes del cuerpo humano, para ello se procede a la validación del mismo a través de un elemento patrón; sin embargo, se puede también validar en función del sector y beneficiario, ya que la herramienta tendrá éxito siempre y cuando exista facilidad de manejo y aplicación.

#### 3.2 Pruebas y resultados obtenidos

A continuación, se describe el funcionamiento del dispositivo médico electromiógrafo y del electroestimulador.

Según las pruebas realizadas permitieron determinar relevantes conclusiones.

##### 3.2.1 Prueba del Electromiógrafo (EMG)

Después de haber conectado los electrodos en un determinado músculo se realiza tres tipos de pruebas para determinar que el EMG tiene un adecuado funcionamiento. A medida que se adquiere las señales se puede validar el instrumento médico EMG de dos formas: Primera opción es mediante el uso y

criterio de un especialista médico de fisioterapia o a su vez mediante un instrumento patrón.

### **Adquisición de la señal Electromiográfica**

Previo a la adquisición de las señales bioeléctricas se debe preparar al paciente considerando ciertos criterios:

- El paciente no debe tener objetos metálicos que puedan causar ruidos electromagnéticos.
- Limpiar con alcohol antiséptico las posibles impurezas del área de la piel en donde se va a colocar los electrodos.
- Los electrodos deben ser colocados de forma paralela a una distancia 5 cm, después conectar el cable al electrodo, y presionarlo contra la piel del paciente.



**Figura 3:** Colocación de los electrodos.

**Fuente:** El Autor

### **3.2.2 Electromiograma normal**

En referencia al electromiograma, existen determinadas pruebas que se realizan en función a las contracciones musculares.

### **Señal del músculo en reposo**

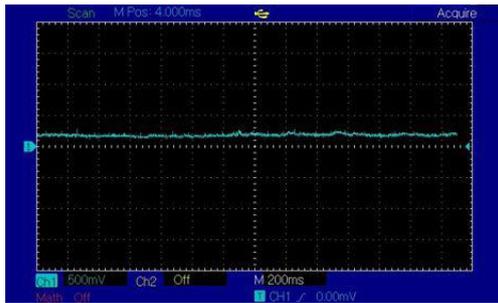
Al realizar la primera prueba cuando el músculo esta relajado o en reposo tiende a estabilizarse la señal a una línea recta que corresponde a una línea isoeletrica que representa un estado de equilibrio del músculo. [9] La Figura 4, representa una línea isométrica que es una línea base de voltaje de un registro electrofisiológico.



**Figura 4:** EMG del músculo en reposo.

**Fuente:** El Autor

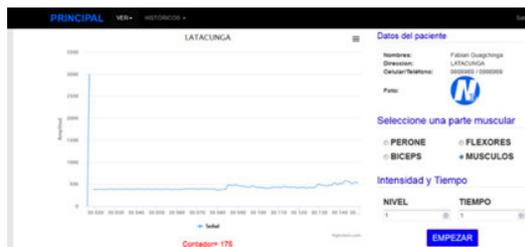
La señal EMG obtenida mediante el electromiógrafo implementado, en comparación a la señal EMG obtenida por el instrumento patrón; muestra similitud al entregar una señal de tensión continua conocida como línea isoeletrica que contiene ausencia de pulso eléctrico por la ausencia de sonidos. En la Figura 5, se puede observar la señal registrada del músculo en reposo mediante el instrumento patrón.



**Figura 5:** Registro del músculo en reposo.  
**Fuente:** El Autor

***Prueba de contracción muscular ligera.***

El paciente realiza una contracción isométrica ligera por lo que la amplitud de la señal EMG tiende a aumentar provocando el fenómeno de un patrón de ondas parciales. La Figura 6, muestra la señal EMG al realizar una contracción leve del músculo.



**Figura 6:** Registro de contracción muscular leve.  
**Fuente:** El Autor.

En la Figura 7, se puede visualizar el registro de la señal al realizar una contracción leve misma que al compararla con la señal visualizada por la interfaz electrónica, mantiene las características estáticas que debería tener el electromiógrafo implementado.

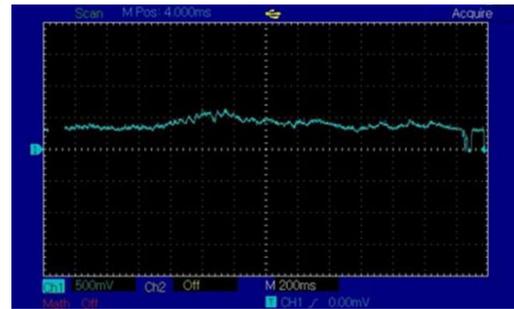


Figura 7: Registro de contracción muscular leve con el instrumento patrón.  
**Fuente:** El Autor.

***Prueba de Contracción Muscular Máxima.***

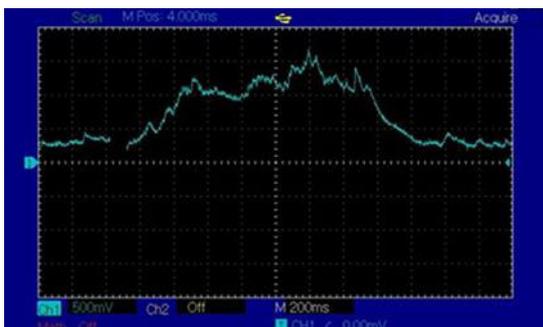
El paciente debe realizar una contracción muscular isotónica aplicando una fuerza energética que permita registrar una tensión máxima durante todo el movimiento. La **Figura 8**, muestra el registro de la señal EMG capturada por el electromiógrafo implementado.



**Figura 8:** Contracción muscular máxima.  
**Fuente:** El Autor.

Al realizar una comparación entre la señal adquirida por el EMG implementado y el instrumento patrón se puede validar que los instrumento entregan señales similares que demuestran integridad, seguridad y calidad. La **Figura 9**, muestra la señal EMG de la contracción muscular

máxima obtenida con el instrumento patrón.



**Figura 9:** Registro de la contracción máxima del músculo con el instrumento patrón.

**Fuente:** El Autor.

### 3.2.3 Análisis de Resultados

El sistema de instrumentación virtual remoto tiene como objetivo innovar el proceso de atención médica en el área de fisioterapia y rehabilitación, el estudio se ha realizado directamente a los centros de atención médica de la provincia de Cotopaxi, por tal razón la encuesta aplicada tiene como referencia a 10 usuarios médicos.

Determinado resultado permite el análisis y la percepción respecto a la implementación de un sistema de instrumentación virtual que además disponga de una interfaz electrónica con comunicación remota para la adquisición, monitoreo y procesamiento de señales bioeléctricas, provenientes del cuerpo humano. Una vez tabulado los datos se establece diferentes parámetros mostrados a continuación.

**Tabla 1:**  
Disponibilidad de una interfaz electrónica para el área de fisioterapia.

RESPUESTA	CAN/FREC	PORCENTAJE %
SI	40	0
NO	60	100
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta

De los encuestados el 40% cuenta con una interfaz electrónica para el Monitoreo y Control en el Tratamiento de Enfermedades Neuromusculares, mientras que el 60 % desconoce.

Se puede evidenciar según los datos obtenidos cuenta con una interfaz electrónica para el tratamiento de enfermedades neuromusculares.

**Tabla 2:**  
Necesidad sistema de instrumentación virtual

RESPUESTA	CAN/FREC	PORCENTAJE %
SI	9	90
NO	1	10
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta

El 90% de los encuestados expresan que es necesario implementar un sistema de instrumentación virtual en el tratamiento de enfermedades neuromusculares para optimizar y ampliar el alcance de la atención médica, mientras que por su desconocimiento el 10% de los encuestados se expresan que no es necesario implementar el sistema.

Se puede evidenciar según los datos obtenidos que los médicos no utilizan el

sistema de instrumentación virtual, mayoritariamente los médicos manifiestan que es importante tener un sistema virtual en el tratamiento de enfermedades neuromusculares para optimizar y ampliar el alcance de la atención médica.

Tabla 3:  
Necesidad implementación de un Electromiógrafo

RESPUESTA	CAN/FREC	PORCENTAJE %
SI	8	80
NO	2	20
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta

De los encuestados consideran que el 80%, es necesario implementar una electromiografía para los pacientes, y el desconocimiento del 20 % se manifiesta con un no es necesario. Los datos adquiridos en la Tabla 3, corrobora a la necesidad de implementar un instrumento médico que permita diagnosticar las enfermedades neuromusculares del paciente.

Tabla 4:  
Implementación de un instrumento médico

RESPUESTA	CAN/FREC	PORCENTAJE %
SI	10	100
NO	0	0
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta

En su totalidad el 100% de los encuestado afirma que es una buena idea y elección implementar un instrumento médico preciso y exacto para identificar el comportamiento de los músculos de la

persona. Dado que el área de la medicina es exigente en el cuidado de la salud, se requiere que todo equipo médico sea funcional y sobre todo confiable al instante de monitorear una señal EMG.

Tabla 5:  
Interfaz electrónica

RESPUESTA	CAN/FREC	PORCENTAJE %
SI	8	80
NO	2	20
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta

De los encuestados el 90% afirman que, si ayudará aumentando la calidad de atención médica en el monitoreo de las enfermedades neuromusculares, mientras que el 10 % por su falta de desconocimiento dicen que no es necesario.

Tabla 6: Desarrollo profesional

RESPUESTA	CAN/FREC	PORCENTAJE %
SI	10	100
NO	0	0
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta

De los encuestados el 100% afirma que con la implementación de un sistema de instrumentación virtual ayudará al desarrollo personal y profesional del personal de salud tanto urbano como de los lugares remotos y distantes.

Tabla 7:  
Innovar área de rehabilitación

RESPUESTA	CAN/FREC	PORCENTAJE %
SI	10	100
NO	0	0
TOTAL	10	100

Fuente: Encuesta

La mayoría de los encuestado representan el 100% quienes están de acuerdo con innovar el área de rehabilitación a través de las tecnologías de la información y comunicación adoptando sistemas tecnológicos para brindar atención médica inmediata.

#### 4. Conclusiones

- Una vez finalizado el proyecto se asevera que se cumplió con el objetivo principal, el cual consiste en el diseño de un sistema de instrumentación virtual para el monitoreo y control en el tratamiento de enfermedades neuromusculares.
- Se ha entregado un prototipo funcional que cumple con las características estáticas de un instrumento médico siendo a su vez accesible tanto para el profesional médico como para el paciente. En el posible caso que el gobierno no deseara invertir en la adquisición de mencionado instrumento, el paciente que sufre de enfermedades neuromusculares

puede adquirir el equipo sin dificultad ya que el costo de la adquisición del equipo médico esta alrededor de 80 dólares, considerándolo accesible y económico más aun sabiendo que el equipo tiene dos funciones a la vez, el cual es permitir el diagnóstico y tratamiento de enfermedades neuromusculares.

- Con la implementación del sistema de instrumentación virtual se consigue ampliar el acceso de servicios médicos economizando tiempo y dinero para las personas de escasos recursos que pertenecen a las áreas rurales sin importar el lugar o la distancia logrando interactuarse en tiempo real el médico, auxiliar de enfermería y los pacientes, especialmente aquellos que padecen de enfermedades neuromusculares severos por lo que necesitan un control regular.
- Se logró implementar una interfaz electrónica funcional amigable para el usuario ya que los elementos gráficos del sitio web están distribuidos y preparados para ayudar a la aplicación del sitio, aquello permite que el profesional médico interactúe

entre el dispositivo y el sistema con la función de monitorear y controlar sensorialmente a los pacientes que sufren de enfermedades neuromusculares.

- Con la implementación del sistema de instrumentación virtual se consigue ampliar el acceso de servicios médicos economizando tiempo y dinero para las personas de escasos recursos que pertenecen a las áreas rurales sin importar el lugar o la distancia logrando interactuarse en tiempo real el médico, auxiliar de enfermería y los pacientes, especialmente aquellos que padecen de enfermedades neuromusculares severos por lo que necesitan un control regular.
- Finalmente, la elección de la tecnología en la implementación del sistema de instrumentación virtual incluye todos los elementos necesarios tanto como hardware y software mismo que garantizan la integración, simplicidad y calidad, en el monitoreo y control del funcionamiento del sistema nervioso periférico muscular.

## 5. Bibliografía

- [1] Intel y MSP, «“Expansión del Programa de Telemedicina a Nivel Nacional”,» Marzo 2013. [En línea]. Available: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2016/01/Expansion-del-Programa-de-Telemedicina-Nivel-Nacional.pdf>. [Último acceso: 09 agosto 2017].
- [2] O. Ferrer, «Telemedicina,» 2001. [En línea]. Available: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LqDwGwZ9\\_B0C&oi=fnd&pg=PR3&dq=telemedicina&ots=RsCMHx3jOw&sig=vfdCOsO0bmOWAFL-0YjoF\\_Y8cuk#v=onepage&q=telemedicina&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=LqDwGwZ9_B0C&oi=fnd&pg=PR3&dq=telemedicina&ots=RsCMHx3jOw&sig=vfdCOsO0bmOWAFL-0YjoF_Y8cuk#v=onepage&q=telemedicina&f=false). [Último acceso: 09 Agosto 2017].
- [3] MedlinePlus, «Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos,» 04 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000919.htm>. [Último acceso: 20 Junio 2018].

- [4] W. G. Jiménez Barbosa y J. . S. Acuña Gómez, «Avances en telesalud y telemedicina: estrategia para acercar los servicios de salud a los usuarios,» Junio 2015. [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/profile/Jimenez\\_Wilson\\_Giovanni/publication/284176732\\_Avances\\_en\\_telesalud\\_y\\_telemedicina\\_estrategia\\_para\\_acercar\\_los\\_servicios\\_de\\_salud\\_a\\_los\\_usuarios/links/564df69308ae4988a7a58359.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jimenez_Wilson_Giovanni/publication/284176732_Avances_en_telesalud_y_telemedicina_estrategia_para_acercar_los_servicios_de_salud_a_los_usuarios/links/564df69308ae4988a7a58359.pdf). [Último acceso: 7 Junio 2018].
- [5] A. Santos y A. Fernández, «Desarrollo de la telesalud en America Latina Aspectos conceptuales y estado actual,» Octubre 2013. [En línea]. Available: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35453/S2013129\\_es.pdf;jsessionid=7EBF5B2B53CDB4F85714870C1F1EA022?sequence=1](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35453/S2013129_es.pdf;jsessionid=7EBF5B2B53CDB4F85714870C1F1EA022?sequence=1). [Último acceso: 06 06 2018].
- [6] M. Á. Pérez García, «Instrumentación Electrónica,» 2014. [En línea]. Available: <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=Fb5tBQAAQB> AJ&oi=fnd&pg=PR9&dq=instrumentaci%C3%B3n+electr%C3%B3nica&ots=2DAXt2TTnV&sig=hcGMX0j3a319gNC4mfSiEIHSW2w&redir\_esc=y#v=onepage&q=instrumentaci%C3%B3n%20electr%C3%B3nica&f=false. [Último acceso: 12 Junio 2018].
- [7] M. Granda Miguel y E. Mediavilla Bolado, «Instrumentación Electrónica: Transductores y Acondicionamientos de señal,» 2010. [En línea]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=yrkOCAAQAQBAJ&oi=fnd&pg=PP5&dq=instrumentacion+virtual&ots=mD-jCjZRB4&sig=qbu8hloumuuoYLVbv25FiUeHtZs#v=onepage&q&f=false>. [Último acceso: 14 Mayo 2018].
- [8] Advancer Technologies, «Datasheet MyoWare™ Muscle Sensor (AT-04-001),» 2015. [En línea]. Available: [https://cdn.sparkfun.com/assets/learn\\_tutorials/4/9/1/datasheet.pdf](https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/4/9/1/datasheet.pdf).
- [9] N. Sinchiguano, «Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE,»

2015. [En línea]. Available:  
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10116/1/T-ESPEL-ENI-0355.pdf>.