

RAE

1. TIPO DE DOCUMENTO: Trabajo de grado para optar al título de INGENIERO ELECTRONICO
2. TITULO: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA PRÓTESIS DE MANO CON TRES GRADOS DE LIBERTAD CONTROLADA MEDIANTE SEÑALES MIOELÉCTRICAS POR MEDIO DE (HARDWARE IN THE LOOP)
3. AUTOR (ES): Daniel Llanos Díaz y Nicolás Guevara Rodríguez.
4. LUGAR: Bogotá D.C.
5. FECHA: Mayo de 2015
6. PALABRAS CLAVES: EMG, instrumentación, hardware in the loop, filtros, prótesis, DAQ.
7. LINEA DE INVESTIGACION: No aplica
8. METODOLOGIA: El proyecto se desarrolla de manera empírica-analítica, para el diseño de sus diferentes etapas (Digitales y Análogas); realizando ajustes en su construcción, disponibilidad de elementos, requeridos para el procesamiento y la integración de hardware (NI USB 6009) y software (Labview y SolidWork).
9. CONCLUSIONES: No es posible medir repetitividad, aunque las señales provenientes del estímulo del musculo presentan un comportamiento similar entre movimiento y movimiento, al realizar el movimiento repetitivo se observa que la señal puede caer en amplitud o por el contrario conservarla pero tener una menor actividad en el espectro.

Tomar la señal de un musculo grande con una gran cantidad de fibras y ubicando ambos electrodos en puntos centrales del musculo garantizan una señal clara y fuerte.

Los electrodos utilizados para EMG son sensibles a la recepción de señales, razón por la cual pueden detectar mayor cantidad de ruido, como ruido de la red eléctrica, se implementa filtros embebido en software rechazabanda con frecuencia central de 60Hz.

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA PRÓTESIS DE MANO CON TRES GRADOS DE
LIBERTAD CONTROLADA MEDIANTE SEÑALES MIOELÉCTRICAS POR MEDIO DE
(HARDWARE IN THE LOOP)

DANIEL LLANOS DÍAZ
NICOLÁS GUEVARA RODRÍGUEZ

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C.
2015

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA PRÓTESIS DE MANO CON TRES GRADOS DE
LIBERTAD CONTROLADA MEDIANTE SEÑALES MIOELÉCTRICAS POR MEDIO DE
(HARDWARE IN THE LOOP)

Autores:

DANIEL LLANOS DÍAZ
NICOLÁS GUEVARA RODRÍGUEZ

Una Tesis Presentada Para Obtener El Título De Ingeniero Electrónico

Asesor:

ING. MAURICIO ÁNDRES POLOCHÈ ARANGO

UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ D.C.

2015

Nota de Aceptación

Director: Ing.

Jurado

Jurado

Bogotá D.C., Mayo de 2015

COMENTARIOS

This image shows a single sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

Tabla de contenido

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABLAS	13
INTRODUCCIÓN	14
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
JUSTIFICACIÓN	16
OBJETIVOS	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos	17
ALCANCES	17
LIMITACIONES	18
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES	19
1.1 PRÓTESIS EN EL SIGLO XX	20
1.1.1 Gancho Hook y Gancho Fisher	20
1.1.2 Mano de Canterbury	21
1.1.3 Manipulador	22
1.1.4 Mano Shadow	22
1.1.5 Brazo Utah	23
1.1.6 Mano UTA	24
1.1.7 Mano Liviana	26
1.1.8 Mano LOWA	27
1.1.9 Mano TUAT	28
1.1.10 Mano CDMIT I	29
CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO	31
2.1 ASPECTOS BIOLÓGICOS	31
2.1.1 Señales mioeléctricas	31
2.1.2 Impulso nervioso	32
2.1.3 Potencial de reposo	32
2.1.4 Generación de un potencial de acción	33

2.2	PROCESAMIENTO SEÑALES EMG.....	34
2.2.1	Sensores Electroodos.....	34
2.2.2	Adquisición de Datos	36
2.3	HARDWARE IN THE LOOP (HIL)	37
2.4	CARACTERISTICAS DE HARDWARE	38
2.4.1	FILTRO PASOBANDA	38
2.4.2	FILTRO PASOALTAS	39
2.4.3	FILTRO PASOBAJAS	40
2.4.4	UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS SOBRE LOS MUSCULOS	41
2.5	CARACTERISTICAS DE SOFTWARE	41
2.5.1	LABVIEW	41
2.5.1.1	Módulo LabVIEW SoftMotion.....	41
2.5.1.2	Módulo LabVIEW NI SoftMotion para SolidWorks	42
2.5.1.3	Módulo LabVIEW Control Design and Simulation	42
2.5.1.4	Módulo LabVIEW Real-Time.....	42
2.5.1.5	NI-DAQmx Software	43
2.5.2	SOLIDWORKS	43
2.5.2.1	SolidWorks.....	43
	CAPITULO 3: DESARROLLO	44
3.1	DESARROLLO HARDWARE	44
3.1.1	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	44
3.1.2	ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL.....	46
3.1.2.1	Amplificador de instrumentación	46
3.1.2.2	Filtro pasoaltas	49
3.1.2.3	Filtro pasobajas.....	51
3.1.2.4	Diseño de cada canal	54
3.1.2.4.1	Canal 1 Musculo de estudio Bicep	54
3.1.2.4.2	Canal 2 Musculo de estudio Pectoral.....	55
3.1.2.4.3	Canal 3 Musculo de estudio Trapecio	57

3.2 DESARROLLO SOFTWARE.....	60
3.2.1 Adquisición y visualización de señales EMG	60
3.2.2 Filtro Pasabanda Digital 15Hz a 500Hz y 60Hz	62
3.2.3 Almacenamiento de señales EMG	64
3.2.4 Caracterización de las señales.....	65
3.2.5 Programa simulación de prótesis de manos con control ON/OFF	71
3.2.5.1 Control ON	75
3.2.5.2 Control OFF	78
3.2.6 Diseño Prótesis de mano SolidWorks	81
3.2.6.1 Diseño de dedos	81
3.2.6.2 Diseño de palma	83
3.2.6.3 Diseño muñeca	85
3.2.7 Estudio de Movimiento.....	86
3.2.8 Comunicación SolidWork – LABView	90
3.2.8.1 Configuración de comunicación SolidWork.	90
3.2.8.2 Configuración de comunicación LABView.....	92
CAPITULO 4 PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	101
CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFIA	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mano de alt-Ruppin

Figura 2: Primer brazo artificial móvil

Figura 3: Mano de Canterbury

Figura 4: Manipulador construido en la Universidad de Reading

Figura 5: Mano Shadow

Figura 6: Brazo UTAH 3

Figura 7: Mano UTA 3

Figura 8: Mano liviana desarrollada por Karlsruhe

Figura 9: Mano Iowa

Figura 10: Mano TUAT

Figura 11: Mano CDMIT I

Figura 12: Comparación entre prototipos, **a)** CDMIT I, **b)** CDMIT II

Figura 13: Canales de potasio

Figura 14: Canales de potasio – potencial de acción

Figura 15: Fuentes de señales bioeléctricas censadas por electrodos

Figura 16: Electrodo superficial de gel.

Figura 17: Tarjeta de adquisición de datos NI.

Figura 18: Filtro pasobanda

Figura 19: Configuración de filtro pasoaltas

Figura 20: Configuración de filtro pasobajas

Figura 21: Configuración Rectificador LM7805

Figura 22: Configuración Rectificador LM7905

Figura 23: Esquema fuente dual (+5v/-5v).

Figura 24: Configuración del INA128.

Figura 25: Distribución pines del INA128.

Figura 26: Diagrama filtro pasoaltas con frecuencia de corte de 15,92Hz

Figura 27: Diagrama Bode filtro pasoaltas con frecuencia de corte de 15,92Hz

Figura 28: Diagrama filtro pasobajas con frecuencia de corte de 482.28Hz

Figura 29: Diagrama Bode filtro pasobajas con frecuencia de corte de 482.28Hz

Figura 30: Diagrama del esquema de canal 1 Bicep

Figura 31: Grafica Señales EMG provenientes de Pectoral

Figura 32: Diagrama del esquema de canal 2 Pectoral

Figura 33: Grafica Señales EMG provenientes de Trapecio

Figura 34: Diagrama del esquema de canal 3 Trapecio

Figura 35: Estructural de diseño de software

Figura 36: Configuración de puerto análogo NI DAQ Assistant

Figura 37: Adicionamiento de puerto análogo NI USB 6009

Figura 38: Diagrama captura y visualización de señal EMG con NI USB 6009

Figura 39: Osciloscopio LabVIEW señal capturada por canal a0 de NI USB 6009

Figura 40: Ruta para creación de filtro digital

Figura 41: Filtro Digital señales EMG

Figura 42: Estructura programa de captura de la señal EMG

Figura 43: Señal 1 representativa del estudio al Bíceps

Figura 44: Señal 2 representativa del estudio al Bicep

Figura 45: Señal 3 representativa del estudio al Bicep

Figura 47: Señal 2 representativa del estudio al Pectoral

Figura 46: Señal 1 representativa del estudio al Pectoral

Figura 48: Señal 3 representativa del estudio al Pectoral

Figura 49: Señal 1 representativa del estudio al Trapecio

Figura 50: Señal 2 representativa del estudio al Trapecio

Figura 51: Señal 3 representativa del estudio al Trapecio

Figura 53: Generar estructura FOR en LABView

Figura 54: Generar estructura WHILE en LABView

Figura 55: Generar estructura TIMED LOOP en LABView

Figura 56: Generar estructura CASE STRUCTURES en LABView

Figura 57: Generar estructura FLAT SEQUENCE STRUCTURES en LABView

Figura 58: Diagrama de bloques para desarrollo de algoritmo

Figura 59: Estructura de movimiento de pieza a 90° grados

Figura 60: Estructura Timed Loop empleando Straight Line Move para movimiento de 45° y 90°

Figura 61: Estructura de comparación de contador

Figura 62: Estructura de movimiento de pieza a posición de origen

Figura 63: Estructura Timed Loop empleando Straight Line Move para movimiento de pieza a posición de origen

Figura 64: Segundo segmento de Flat Sequence

Figura 65: Dedo sujeto de prueba

Figura 66: Plano de vistas de dedo SolidWorks

Figura 67: Palma de la mano sujeta de prueba

Figura 68: Plano de vistas de palma SolidWorks

Figura 69: Muñón sujeto de prueba

Figura 70: Plano de vistas muñón SolidWorks

Figura 71: Estudio de movimiento SolidWorks

Figura 72: Error de conectividad entre LABView y SolidWorks

Figura 73: Configuración de motores en estudio de movimiento

Figura 74: Ejes de movimiento presentes en la mano

Figura 75: Simulación de colisión y movimiento de piezas

Figura 76: Configuración complementos de SolidWork

Figura 77: Configuración de comunicación LABView

Figura 78. Circuito de acondicionamiento

Figura 79. Dispositivo final

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultado de Caracterización de músculos de estudio

INTRODUCCIÓN

El siguiente escrito presenta el desarrollo de una simulación por medio de *hardware in the loop* de una prótesis de mano con tres grados de libertad, controlada mediante señales mioeléctricas producidas por el movimiento voluntario de músculos en el cuerpo humano. Se especifican aspectos importantes en el proceso de elaboración de una simulación de prótesis biomecánica como: conocer la naturaleza de las señales EMG, determinar el proceso de adquisición y procesamiento de señales EMG, digitalización y almacenamiento, visualización de la señal y simulación de prótesis. Para el desarrollo del proyecto es importante conocer que es una prótesis biomecánica para amputación media de miembro superior; es una tecnología empleada para disminuir la discapacidad en personas que presenten este tipo de amputación, proceso logrado mediante registro de señales producidas al momento de excitación o movimiento voluntario de algún músculo (bíceps, trapecio, deltoides, flexor, dedos) y proporcionando un movimiento mecánico a una pieza específica.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Existen diferentes tipos de soluciones para tratar problemas de amputación de diferentes miembros del cuerpo humano, algunas estéticas y otras funcionales. Las estéticas cuentan con un costo más asequible que las funcionales, que son las que satisfacen la necesidad del amputado y buscan devolver el funcionamiento del miembro perdido. Las prótesis funcionales presentan un elevado costo, no le proporcionan ningún tipo de herramienta al sujeto que permita entrenar su cuerpo para poder realizar el movimiento de esta, ni almacena registro de su progreso. Por tanto existe la necesidad de proporcionarle una herramienta de bajo costo que permita realizar estas funciones, sin necesidad de estar en presencia de un especialista o conectado a equipos de elevado costo.

Este problema conlleva a plantearnos la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los parámetros, características de hardware y software, para desarrollar un sistema de adquisición de señales EMG, apropiado para el diseño de una simulación de prótesis de mano en un entorno grafico?

JUSTIFICACIÓN

La pérdida de miembros se genera en la mayoría de casos como resultado directo de accidentes traumáticos, con herramientas eléctricas de fábricas, granjas o accidentes en vehículos a motor; también se generan amputaciones por enfermedades patológicas o de nacimiento. La discapacidad que genera la pérdida de un miembro es muy alta y en un grado mayor cuando se trata de la mano, las tareas más simples se pueden convertir en grandes retos para una persona que no dispone de este miembro; por esta razón este proyecto busca generar una ayuda tecnológica dedicada a disminuir esta discapacidad, facilitando las tareas cotidianas que realizan las personas con amputación media de brazo, por medio de la simulación de una prótesis electrónica embebida dentro de un software y que permite realizar tres movimientos básicos simulados de una prótesis de mano. Basados en el estudio de 2003 realizado por el DANE, nos permite contextualizar la necesidad de este tipo de dispositivos; 60.737 personas presentan una deficiencia de parálisis o pérdida de miembro superior, teniendo dificultades permanentes en llevar, mover o utilizar objetos con la mano 17,9%, Relacionarse con las demás personas y el entorno 13% y por ultimo alimentarse, asearse y vestirse por sí mismo 9,7% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2004)

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar y simular una prótesis de mano con tres grados de libertad controlada mediante señales mioeléctricas.

Objetivos Específicos

- Caracterizar las señales mioeléctricas producidas por el movimiento muscular para luego ser acondicionadas y procesadas.
- Diseñar la estructura de la prótesis empleando software de entorno CAD.
- Implementar y adaptar algoritmos adecuados para el procesamiento y digitalización de la señal mioeléctrica.
- Desarrollar el entorno grafico necesario para la visualización de la prótesis (GUI).
- Simular los movimientos de una prótesis de mano con 3 grados de libertad.

ALCANCES

- Visualización de prótesis con movimiento.
- Medición y percepción de señales mioeléctricas (EMG) en músculos.
- Captura y almacenamiento de datos provenientes de señales mioeléctricas para posteriores estudios.

LIMITACIONES

- Solo se representaran tres grados de libertad.
- La visualización de los datos no se presentara en tiempo real.
- No se pretende el desarrollo de la estructura física de una prótesis.
- La recolección de datos se realizara por medio de tarjetas de adquisición de datos comerciales.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES

Se estima que las prótesis datan del 2000 a. C., hallándose la primera referencia de una prótesis en una momia egipcia. (Dorador González, Ríos Murillo, Flores Luna, & Juárez Mendoza, 2004).

En el año 1400 se fabricó la mano de Alt-Ruppin hecha de hierro, esta mano poseía la característica de poder flexionar los 4 dedos pasivamente, se podía fijar mediante un trinquete y su pulgar se encontraba en una posición fija. (Dorador González, Ríos Murillo, Flores Luna, & Juárez Mendoza, 2004)



Figura 1. Mano de alt-Ruppin (Dorador González, Ríos Murillo, Flores Luna, & Juárez Mendoza, 2004)

En el siglo XIX, el alemán Peter Beil desarrollo una prótesis que permitía el cierre de los dedos mediante movimiento del tronco y hombro, con esto se inicia la etapa de las prótesis autopropulsadas.

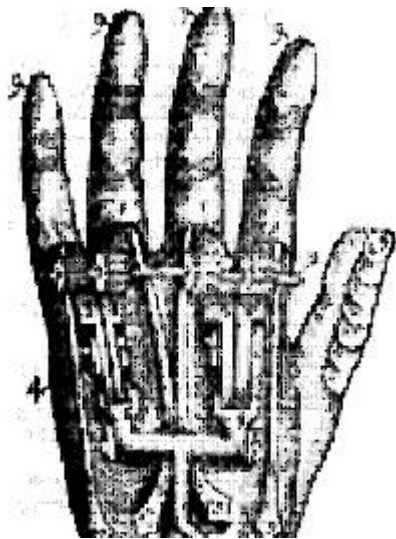


Figura 2. Primer brazo artificial móvil (Dorador González, Ríos Murillo, Flores Luna, & Juárez Mendoza, 2004)

1.1 PRÓTESIS EN EL SIGLO XX

El objetivo de las prótesis de este siglo fue buscar que los amputados pudiesen continuar con su vida habitual. El francés Gripoulleau construyo diferentes tipos de adaptaciones que podrían ser empleadas como unidades terminales, tales como anillos, ganchos y diversos instrumentos metálicos. (Dorador González, Ríos Murillo, Flores Luna, & Juárez Mendoza, 2004)

1.1.1 Gancho Hook y Gancho Fisher

En 1912 se desarrolló una unidad terminal en forma de gancho que se podía abrir mediante movimiento de cintura y se cerraba mediante un tirante de hule este se desarrolló en Estados Unidos por David W. Dorrance el gancho hook; casi al mismo tiempo fue desarrollado en Alemania el gancho Fischer cuya ventaja principal era

poseer una mayor potencia y diversidad en los tipos de prensión y sujeción de los objetos. (Dorador González, Ríos Murillo, Flores Luna, & Juárez Mendoza, 2004)

El origen de las prótesis activadas por los músculos del muñón se da en Alemania con el cirujano Ferdinand, el cual logra idear como conectar la musculatura flexora del antebrazo con el mecanismo de la mano artificial, mediante el uso de varillas de marfil que hacía pasar a través de túneles cutáneos, haciendo que la prótesis se moviera debido a la contracción muscular. (Dorador González, Ríos Murillo, Flores Luna, & Juárez Mendoza, 2004)

1.1.2 Mano de Canterbury

La mano de Canterbury utiliza eslabones mecánicos, movidos directamente para hacer actuar los dedos en forma similar a la mano humana. Cada dedo de esta mano tiene 2.25 grados de libertad, la parte fraccionaria se debe al mecanismo para extender los dedos que es compartido por cuatro dedos. (Dunlop, 2003)

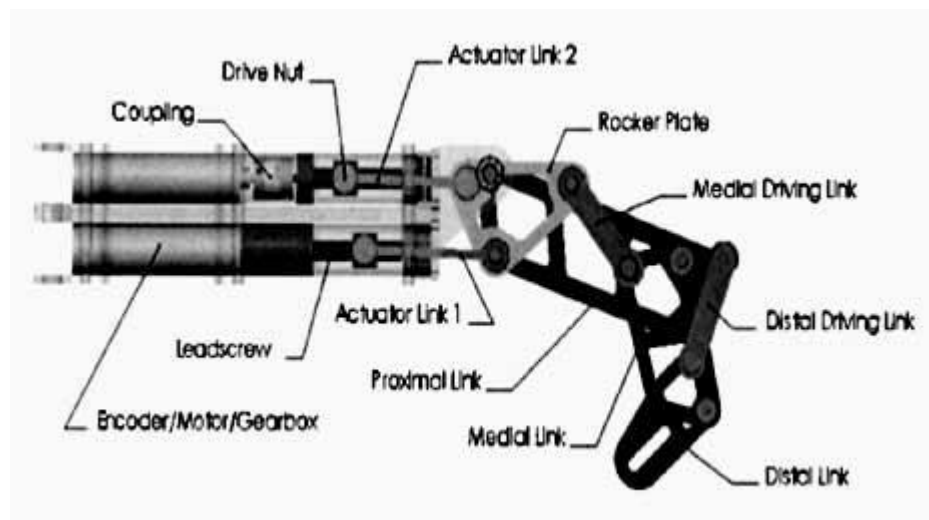


Figura 3. Mano de Canterbury (Dunlop, 2003)

1.1.3 Manipulador

El manipulador desarrollado por la Universidad de Reading, Inglaterra usó cables Bowden (chicotes) dirigidos a cada unión para actuar como medio de los dos dedos de los que consta la prótesis. Al eliminar el acoplamiento entre juntas permite la translación directa y precisa entre las juntas y los motores que mueven los cables, permitiendo con esto dos grados de libertad con el mismo centro de rotación en el nudillo más grande de la mano. Esta mano poseía sensores en las yemas de los dedos para incrementar la precisión en la sujeción. (Harris & Kyberd, 2003)

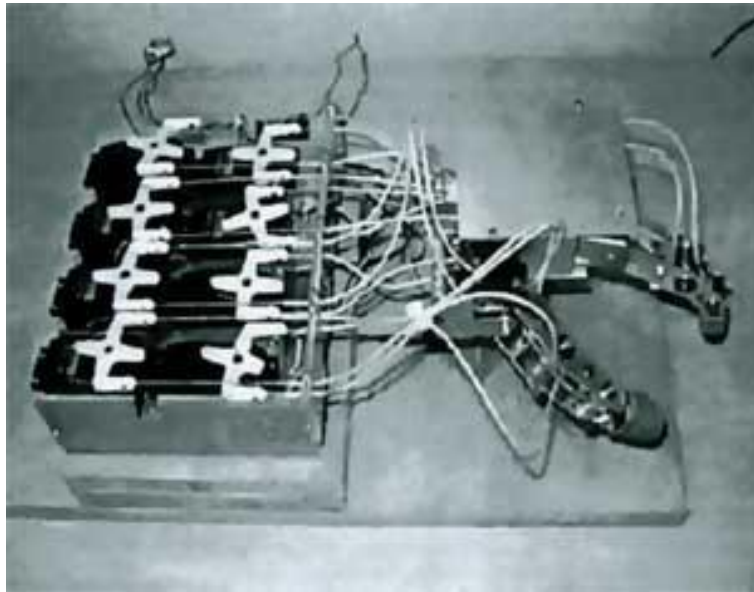


Figura 4. Manipulador construido en la Universidad de Reading (Harris & Kyberd, 2003)

1.1.4 Mano Shadow

La mano Shadow es un desarrollo de la compañía Shadow Robot con sede en Inglaterra. El objetivo del diseño de esta es proveer a las maquinas robóticas CLAWAR de una mano humanoide, capaz de realizar tareas similares a las humanas en

ambientes peligrosos. Los actuadores escogidos fueron 24 músculos de aire que por su peso y complacencia permitían a la mano tener 24 GDL, brindando movimientos para los dedos y la palma. La posición de cada actuador es medida por medio de sensores de efecto may, para medir la fuerza de agarre se utilizaron sensores que captan fuerzas menores a 0.03N y presentaban una resolución de 12 bits. (Shadow Robot Company, 2003)

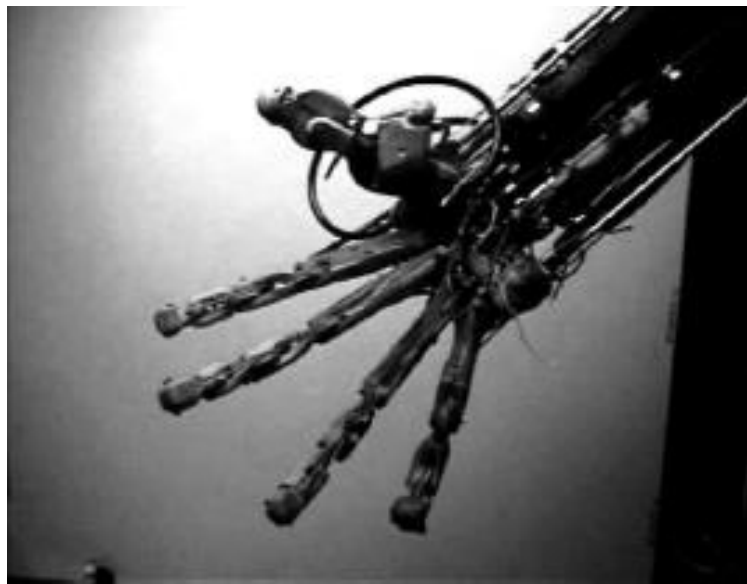


Figura 5. Mano Shadow (Shadow Robot Company, 2003)

1.1.5 Brazo Utah

El brazo Utah es desarrollado en los años ochenta por el Centro de Diseño en Ingeniería de la Universidad de Utah y el laboratorio de inteligencia artificial del MIT. El objetivo principal era implementar algunas habilidades de la mano humana en un efector final para un robot, pero durante su desarrollo le encontraron aplicación como brazo protésico evolucionando hasta la prótesis Utah 3, que está diseñada para personas que tengan amputación por encima del codo, empleando para su elaboración

cinco microprocesadores Motorola, 40 conversores D/A y 320 conversores A/D que permiten el movimiento simultáneo del codo, la muñeca y la mano, su alimentación es mediante una batería de iones de litio ultraliviana de larga duración y motores magnéticos. (Sarmiento, 2007)

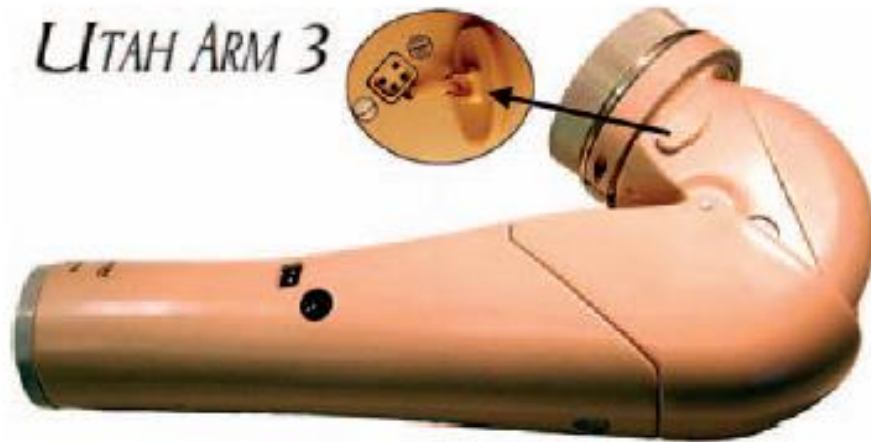


Figura 6. Brazo UTAH 3. (Sarmiento, 2007)

1.1.6 Mano UTA

La mano UTA tiene una señal de entrada proveniente de varios mioelectrodos y de sensores de velocidad que capturan las señales provenientes de la persona discapacitada. El sistema actúa como un lazo abierto cuando el brazo está relajado y pasa a ser un lazo cerrado cuando el brazo está rígido o deja su estado de relajación. La mano posee cinco dedos, tiene dos grados de libertad, una para abrir y cerrar, y otra para flexión y extensión de la muñeca de más o menos 30° grados. La persona discapacitada puede controlar el movimiento de abrir y cerrar la prótesis de mano por medio de las señales mioeléctricas provenientes del bíceps y tríceps. (Sarmiento, 2007)



Figura 7. Mano UTA 3. (Sarmiento, 2007)

Entre los años de 1980 a 2000, seguían predominando las prótesis cosméticas y mecánicas, en estas últimas sus grados de libertad eran pocos y seguían presentando una forma más similar a una pinza que a una mano. Dentro de este periodo surgieron manipuladores antropomórficos que utilizaban los mismos principios de actuación y transmisión que las prótesis, pero con una gran cantidad de grados de libertad, alcanzando en algunos casos los 17 grados. El problema que estas presentaron fue su excesivo peso, que en algunos casos superaba el kilo y medio. (Dorador González, Ríos Murillo, Flores Luna, & Juárez Mendoza, 2004)

Actualmente las funciones de las prótesis de mano están limitadas al cierre y apertura de la pinza, la diferencia entre estas radican en el tipo de control empleado. Los países que presentan mayor desarrollo tecnológico e investigación sobre prótesis son Alemania, Estados Unidos, Francia, Inglaterra y Japón. (Dorador González, Ríos Murillo, Flores Luna, & Juárez Mendoza, 2004)

1.1.7 Mano Liviana

La mano protésica desarrollada en el 2001 por Schulz, Pylatiuk y Bretthau en el Instituto de Applied Computer Science Research Center de Karlsruhe en Alemania, posee cinco dedos y un movimiento de muñeca con 13 grados de libertad. Junto a la presentación de esta prótesis se revelaron datos estadísticos donde del 30 al 50 por ciento de las personas discapacitadas no usan sus prótesis con regularidad debido a problemas como: peso de la prótesis, su poca apariencia o semejanza a una mano natural, baja funcionalidad y pocos grados de libertad. El Instituto Karlsruhe desarrolló un actuador en fluido flexible que ha sido adaptado para utilizarse como actuador de la mano protésica. Dentro de las ventajas que presenta esta prótesis están: el diseño flexible en su construcción, relación de movimientos muy complejos, un peso muy liviano, muy bajo costo de manufactura; este tipo de actuador desarrollado por parte de ellos podía estar incorporado dentro de los dedos y al actuar flexionaban estos. (Sarmiento, 2007)



Figura 8. Mano liviana desarrollada por Karlsruhe. (Dorador González, Ríos Murillo, Flores Luna, & Juárez Mendoza, 2004)

1.1.8 Mano LOWA

La prótesis de mano lowa fue diseñada y construida en la Universidad de Iowa en el 2004 por Jingzhou Yang, Esteban Pena Pitarch, Karim Abdel-Malek, Amos Patrick y Lars Lindkvist implementando el diseño de articulaciones multisegmento con el objetivo de que esta actué con una guaya.

Cada segmento de dedo es activado mediante una guaya que se desliza a través de dos o tres resortes que son a la vez estructuras y elemento de movimiento de la mano. Cada elemento flexible se flectara, mientras es activado por medio de una guaya asemejándose esta configuración a los tendones de los dedos humanos actuando a flexión. La mano lowa está compuesta de cinco dedos activos que articulan en el metacarpo falángico, interfalángica proximal e interfalángica distal. Este diseño a diferencia de varias prótesis basa su movimiento únicamente en el metacarpo falángico. Este diseño se destaca por su bajo peso comparado a otras prótesis debido a que su sistema de actuadores es colocado fuera de la mano, habilidad en el agarre debido a que los dedos tienden a tomar la forma del objeto, movimiento realista de la mano ya que tiende a deformarse a complacencia cuando se le aplica carga y brindan buena características cosméticas al ser recubierta por un guante. (Sarmiento, 2007)

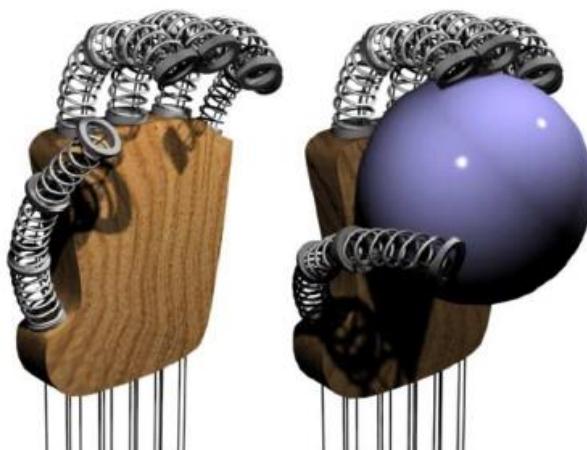


Figura 9. Mano lowa. (Sarmiento, 2007)

1.1.9 Mano TUAT

En el 2004 el proyecto TUAT/Karlsruhe Hand, desarrollado por parte de Naoki Fukaya y Shigeki Toyama del departamento de ingeniería mecánica de la Universidad de Tokio junto a Tamim Asfour y Rudiger Dillmann del departamento de Ciencias de la Computación y el Instituto para Control y Robótica de la Universidad de Karlsruhe de Alemania desarrolló un proyecto de una mano humanoide para el robot ARMAR pero durante su diseño implanto un nuevo objetivo, la implementación de esta como prótesis de mano. Esta mano basa su desarrollo en la toma de medidas de referencias tomadas de un hombre japonés de 27 años, peso 55 kg y 1.65 m. La longitud de la mano es de 175mm, ancho de 130mm y peso de 125g. Esta mano cuenta con la capacidad de agarrar objetos de diferentes formas mediante los siguientes tipos de agarre: cilíndrico, de punta, gancho, palmar, esférico y lateral. La mano posee 20 grados de libertad, movimiento independiente en los 4 dedos y el pulgar. Los actuadores que emplea esta mano son motores ultrasónicos y están dispuestos por fuera de la mano. (Sarmiento, 2007)

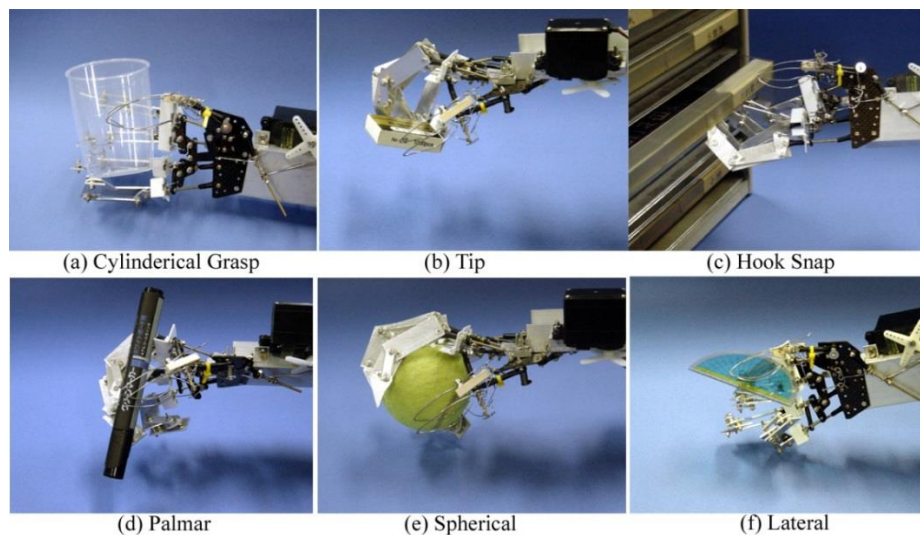


Figura 10. Mano TUAT. (Sarmiento, 2007)

1.1.10 Mano CDMIT I

En la UNAM, específicamente en el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica (CDMIT), desde el año 2004, se inició el proyecto Diseño de Prótesis Inteligentes con el objetivo de dar a los amputados una mejor opción de vida después de su amputación. Presentándose en el año 2007 el diseño y fabricación de un prototipo de prótesis mecatrónica de mano, capaz de mover las tres articulaciones de los dedos llamado mano CDMIT I. (Flores Luna & Dorador González , 2009)

La mano CDMIT I tiene cuatro grados de libertad, los dedos realizan flexo-extensión como se verían en las articulaciones e interfalángicas proximal, distal; y, opone el pulgar con flexión pasiva en las articulaciones. Este diseño presenta ventajas como son que con una sola entrada se logra realizar que el movimiento de flexión completamente, los mecanismos ocupan poco espacio y se manufacturan de manera sencilla, se disminuye el costo de energía, el costo de fabricación y se evita el uso de motores para realizar el flexo extensión para cada articulación. (Flores Luna & Dorador González , 2009)

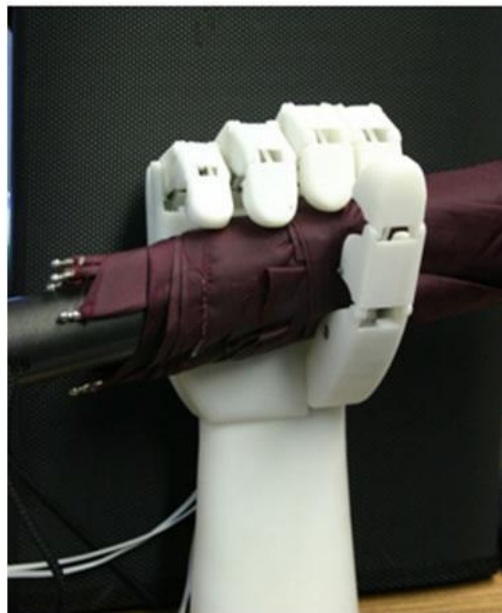


Figura 11. Mano CDMIT I. (Flores Luna & Dorador González , 2009)

Posterior a su fabricación y evaluación de esta en el 2007 se planteó para el diseño de la mano CDMIT II que se cumplieran las siguientes especificaciones, el dedo se flexionaba por medio de un movimiento lineal, la presión del prototipo sea de precisión y no de fuerza, el peso del prototipo no podrá exceder los 800 gr, el voltaje máximo permitido en cada motor será de 6v y este deberá cargar por lo menos un kilogramo de peso. (Flores Luna & Dorador González , 2009)



Figura 12. Comparación entre prototipos, **a)** CDMIT I, **b)** CDMIT II. (Flores Luna & Dorador González , 2009)

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO

2.1 ASPECTOS BIOLÓGICOS

2.1.1 Señales mioeléctricas

El cuerpo humano emite diversas señales en diferentes órganos de nuestro sistema, estas señales son producidas por el cerebro, los ojos el corazón y los músculos. Todas estas señales son conocidas como señales bioeléctricas, estas señales tienen diferentes clasificaciones dependiendo del órgano que emitió la señal, las señales producidas por el corazón son llamadas electrocardiográficas, las de los ojos electrocefalográficas y las señales de los músculos son llamadas mioeléctricas, estas son las señales que se estudian perfectamente para poder ser utilizadas en este proyecto, como la base que ayuda a interpretar el funcionamiento principal del mismo. (Rodríguez & Casas Terrazas, 2011)

“Las señales bioeléctricas pueden ser medidas con el fin de conocer y estudiar los sistemas que conforman el cuerpo humano, como lo son el sistema nervioso y muscular. Cada señal bioeléctrica presenta diferentes características y varían principalmente en amplitud y frecuencia. Sin embargo se pueden estudiar y analizar estas señales de igual manera ya que cada una cuenta con un voltaje de reposo, un periodo de excitación (despolarización), un periodo refractario absoluto y un periodo refractario relativo. Las señales bioeléctricas son conocidas comúnmente como “potenciales de acción.” (Rodríguez & Casas Terrazas, 2011)

Estos impulsos nerviosos tienen una estructura definida, unas etapas las cuales cumplen en el momento de flexionar un músculo, estas se efectúan como se verá a continuación.

2.1.2 Impulso nervioso

La propiedad más importante de las neuronas es responder ante estímulos generando una respuesta bioeléctrica que viaja a lo largo de toda la neurona. La célula muscular también es excitable y junto a la neurona constituyen los dos únicos tipos que presentan esta propiedad. (Córdova Martínez, 1994)

2.1.3 Potencial de reposo

La membrana de cualquier célula presenta una distribución asimétrica de sus iones, así es como en el medio extracelular existe un predominio de Na^+ y en el medio intracelular, predomina el K^+ . Esta diferencia de concentración es mantenida por la bomba $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ ATPasa con gasto de ATP. Si se describe la situación de otros iones se encuentra que hay cloruro (Cl^-) en el espacio extracelular, mientras que en la cara interna de la membrana plasmática se acumulan proteínas, sulfatos y fosfatos que le dan un carácter negativo al interior de la membrana neuronal. (Córdova Martínez, 1994)

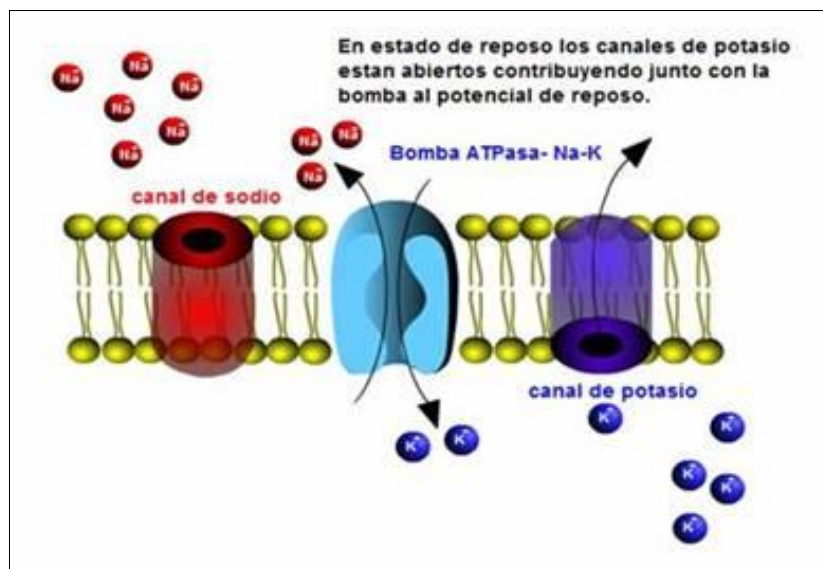


Figura 13. Canales de potasio. (Córdova Martínez, 1994)

2.1.4 Generación de un potencial de acción

Cuando se estimula una neurona la excitación de la membrana determina aumento de la permeabilidad al Na^+ , el cual entra masivamente porque incluso se inactiva la bomba $\text{Na}^+ - \text{K}^+$. (Córdova Martínez, 1994)

La entrada de Na^+ (cargas positivas) hace menos negativo el potencial de membrana y determina una inversión de las cargas eléctricas: el interior se hace positivo y el exterior negativo, fenómeno llamado despolarización. La primera zona que se despolariza va despolarizando a las zonas vecinas de tal manera que se genera un potencial de acción además se auto propaga porque no es necesario aplicar un segundo estímulo. (Córdova Martínez, 1994)

Este potencial de acción es bidireccional, porque viaja en ambos sentidos dentro de una neurona. Posteriormente, la primera zona que perdió la polaridad inicial comienza a recuperar el potencial de reposo inicial o estado polarizado, a costa de una salida de K^+ desde el interior de la neurona, fenómeno que se denomina repolarización.

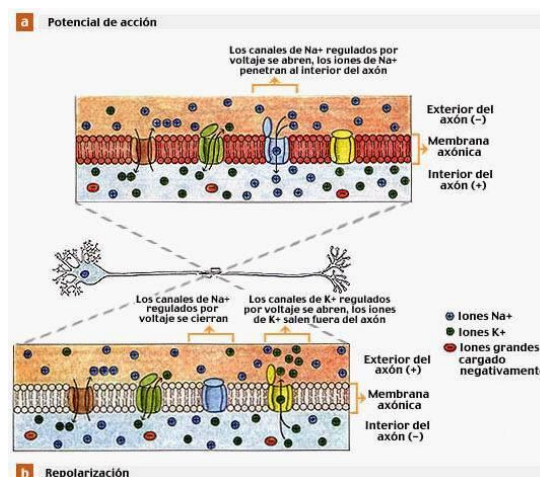


Figura 14. Canales de potasio – potencial de acción. (Córdova Martínez, 1994)

Esta salida de K^+ excede al potencial de reposo normal y brevemente este potencial se vuelve más negativo, es decir -80 ó -90 mV, período que se denomina de hiperpolarización. En este momento la entrada de Na^+ y la salida de K^+ tiene a las concentraciones de estos iones al revés de lo normal y por tanto se reactiva la bomba $Na^+ -K^+$ que restablece el potencial de reposo normal sacando Na^+ hacia el exterior e ingresando el K^+ que salió durante la repolarización. (Córdova Martínez, 1994)

2.2 PROCESAMIENTO SEÑALES EMG

2.2.1 Sensores Electrodo

Para obtener información acerca del entorno y transferirla a un aparato electrónico se lleva a cabo mediante un transductor; un transductor es un dispositivo capaz de transformar un tipo de energía de entrada a otro tipo de energía de salida. En el campo de la bioelectricidad los transductores utilizados son llamados electrodos; los electrodos hacen una transferencia iónica del tejido vivo del cuerpo hacia un dispositivo electrónico, el cual se encarga de procesarla para posteriormente obtener información útil de la medición entre las señales biológicas más estudiadas y registradas se encuentran las Electrocardiográficas (ECG), Electroencefalográficas (EEG), electromiográficas (EMG), por citar algunas. (Ver figura 15). Para el registro de estas señales se suelen utilizar principalmente dos tipos de electrodos, los electrodos de superficie y los electrodos invasivos; “los electrodos de superficie son colocados en la superficie de la piel y son capaces de tomar registros poblacionales de la actividad bioeléctrica, mientras que los electrodos invasivos son insertados en el tejido para tomar directamente la diferencia de potencial existente entre la membrana celular y la piel” (R. S. Khandpur, 2004)

Bioelectric signal	Abbreviation	Biologic source
Electrocardiogram	ECG	Heart--as seen from body surface
Cardiac electrogram	----	Heart--as seen from within
Electromyogram	EMG	Muscle
Electroencephalogram	EEG	Brain
Electrooptigram	EOG	Eye dipole field
Eleetroretinogram	ERG	Eye retina
Action potential	----	Nerve or muscle
Electrogastrigram	EGG	Stomach
Galvanic skin reflex	GSR	Skin

Figura 15. Fuentes de señales bioeléctricas censadas por electrodos. (Cifuentes González, 2010)



Figura 16. Electrodo superficial de gel.

2.2.2 Adquisición de Datos

Es tomar señales eléctricas provenientes de uno o varios transductores que están siendo utilizados para convertir un fenómeno físico ya sea mecánico, eléctrico, químico, etc. Después de tener una conversión de la señal se obtiene una señal análoga con parámetros que caracterizan esta señal, estos parámetros son procesados para otras aplicaciones acondicionados y procesados por medio de un dispositivo que convierte las señales análogas a digitales, se pueden obtener datos binarios retomados por un protocolo de comunicación entre dicho dispositivo y un puerto de un servidor ya sea vía USB, serial y otros, esta toma de datos se procesa guarda y recopila en el software, este procedimiento de envío y captura es denominado adquisición de datos y es de gran importancia en procesos electrónicos que requiera en servidor un sistema operativo que cumple funciones con dicho sistema.

Existen dispositivos comerciales dedicados a esta recolección de datos analógicos, estos dispositivos digitalizan la señal y establecen la comunicación para poder ser recopilada por software, LABVIEW y MATLAB son unos de los software más utilizados para la recolección de datos y el procesamiento de señales en nuestro caso utilizaremos estos dos programas para la obtención de datos; LABVIEW ofrece un dispositivo comercial una tarjeta de adquisición de datos que cumple con los requisitos para tomar y capturar estas señales.



Figura 17. Tarjeta de adquisición de datos NI.

2.3 HARDWARE IN THE LOOP (HIL)

Hardware in the loop es una técnica de simulación que pretende reducir costos y facilitar procesos en el diseño e implementación de un sistema, se caracteriza por remplazar un bloque del sistema o una parte física por una virtual.

“La simulación HIL ha sido utilizada para la prueba de controladores, en la industria aeroespacial y desde los 90 en la industria automovilística. La clasificación de la simulación HIL se divide en HIL a nivel de señal, a nivel de potencia y a nivel mecánico.” (Gauchía Babé, 2008)

En el HIL a nivel de señal, el único elemento hardware del sistema es una tarjeta de control, estando el resto de los elementos (maquinas, cargas, electrónica de potencia) simulados.

En el HIL a nivel de potencia, los elementos que en el caso anterior se simulaban por software ahora son simulados a través de otro hardware que realiza la función del

sistema simulado. Esto implica que las señales de potencia se intercambian en el sistema.

En el HIL a nivel mecánico, se ensaya un accionamiento eléctrico (control, electrónica de potencia y maquina eléctrica) y se simula la parte mecánica, que es la que impone las entradas y salidas a la maquina eléctrica.

2.4 CARACTERISTICAS DE HARDWARE

2.4.1 FILTRO PASOBANDA

La Figura 18 muestra un filtro pasobanda compuesto de dos etapas, la primera un filtro pasoaltas y la segunda un filtro pasobajas, la operación combinada de estos es la respuesta pasobandas deseada. (Pearson, 2009)

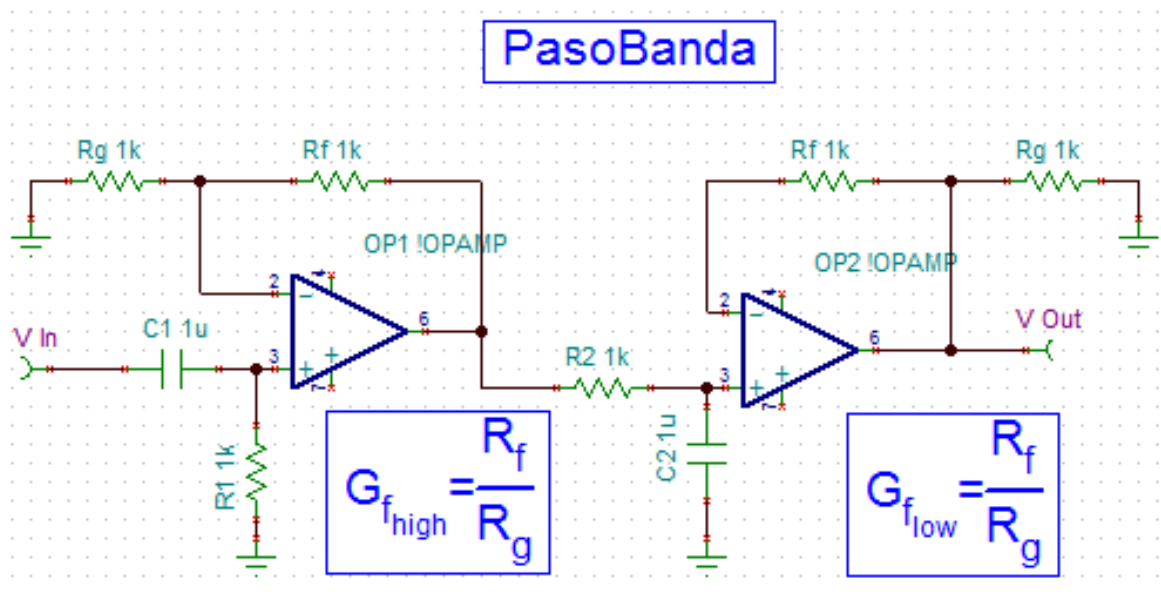


Figura 18. Filtro pasobanda

2.4.2 FILTRO PASOALTAS

La construcción de un filtro pasoaltas activo se realiza mediante la configuración mostrada en la figura 19. La ganancia del amplificador se calcula usando la ecuación 2.4.2.1.1 y la frecuencia de corte del amplificador con la ecuación 2.4.2.1.2

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} \quad (2.4.2.1.1)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (2.4.2.1.2)$$

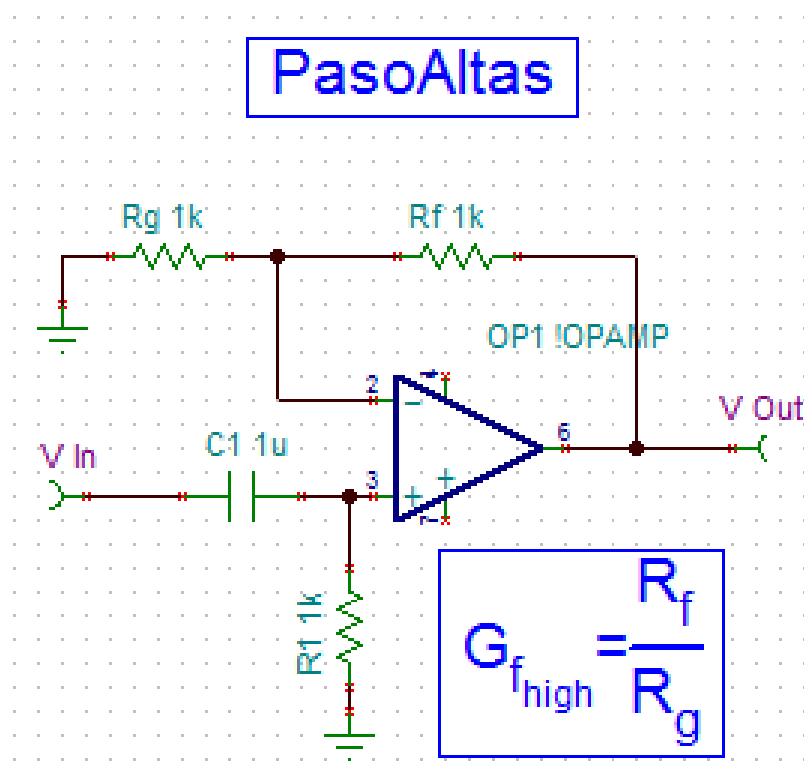


Figura 19. Configuración de filtro pasoaltas

2.4.3 FILTRO PASOBAJAS

La construcción de un filtro pasobajas activo se realiza mediante la configuración mostrada en la figura 20. La ganancia del amplificador se calcula usando la ecuación 2.4.2.2.1 y la frecuencia de corte del amplificador con la ecuación 2.4.2.2.2

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} \quad (2.4.2.2.1)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (2.4.2.2.2)$$

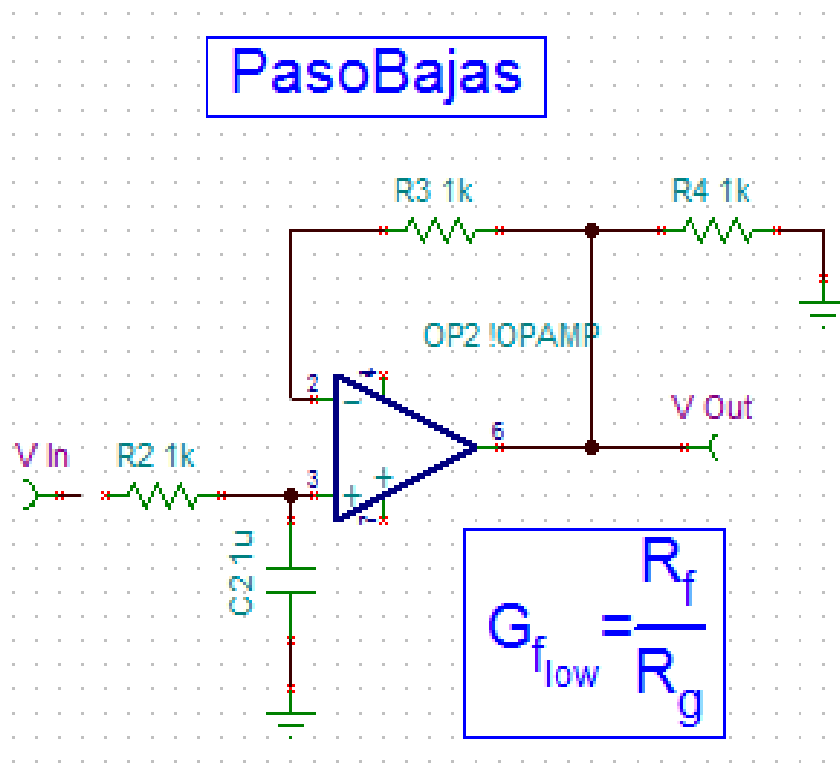


Figura 20. Configuración de filtro pasobajas

2.4.4 UBICACIÓN DE LOS ELECTRODOS SOBRE LOS MUSCULOS

Para ubicar los electrodos empleados para captar las señales EMG se tienen las siguientes recomendaciones:

- Los electrodos bipolares EMG de superficie deben conservar una distancia entre electrodos entre 20mm y 30mm. (Dalcame, 2015)
- Cuando los electrodos bipolares están siendo empleados sobre músculos relativamente pequeños la distancia entre electrodos no debe superar $\frac{1}{4}$ de la longitud de la fibra muscular, con la finalidad de evitar efectos debido a los tendones o terminaciones de las fibras musculares. (SENIAM, 2015)
- Debe ser ubicado en la zona media del musculo, es decir más o menos la línea media del músculo y de forma paralela al eje longitudinal de este (Dalcame, 2015)
- No deben colocarse los electrodos de detección cerca del tendón del musculo, debido a la disminución de la cantidad de fibras musculares. (Sarmiento, 2007)
- No ubicarlos en los extremos del musculo son susceptibles de otras señales provenientes de otros músculos. (Sarmiento, 2007)

2.5 CARACTERISTICAS DE SOFTWARE

2.5.1 LABVIEW

2.5.1.1 Módulo LabVIEW SoftMotion

Ofrece soporte completo para aplicaciones de movimiento, personalizadas y coordinadas. Se puede utilizar para crear espacios de coordenadas, es fácil lograr la sincronización de múltiples ejes y realizar engranaje electrónico y de leva. También puede crear aplicaciones de movimiento personalizado que se dirigen a las opciones de

hardware distintos interfaces de disco C Series. Crear ejes personalizados utilizando dispositivos de E / S estándar, como los dispositivos de adquisición de datos de NI enchufables, módulos de E / S de la Serie C para NI CompactRIO o unidades EtherCAT de terceros. (National Instruments, 2015).

2.5.1.2 Módulo LabVIEW NI SoftMotion para SolidWorks

Ofrece herramientas pioneras para la realización de prototipos virtuales. Al comprar el módulo SoftMotion de NI LabVIEW, puede activar NI SoftMotion para SolidWorks de forma gratuita. Con esta herramienta, usted puede solicitar la aplicación de movimiento personalizada a un modelo CAD 3D y visualizar, simular y validar su solicitud antes de la implementación en hardware. (National Instruments, 2015)

2.5.1.3 Módulo LabVIEW Control Design and Simulation

Con el Módulo NI LabVIEW Control Design and Simulation, puede simular sistemas dinámicos, diseñar controladores sofisticados e implementar sus sistemas de control en hardware en tiempo real. Puede usar tanto un enfoque clásico como uno de espacio de estados para diseñar controladores y estimaciones. Cuando integra este módulo con el Módulo LabVIEW MathScript RT, puede realizar matemática textual y diseño de algoritmos en LabVIEW usando la sintaxis de archivos .m. (National Instruments, 2015)

2.5.1.4 Módulo LabVIEW Real-Time

El Módulo NI LabVIEW Real-Time es una solución completa para crear sistemas embebidos autónomos y confiables con un enfoque de programación gráfica. Como un complemento del entorno desarrollo de LabVIEW, el módulo le ayuda a desarrollar y depurar aplicaciones gráficas que usted puede descargar y ejecutar en dispositivos de

hardware embebido como NI CompactRIO, NI CompactDAQ, PXI, sistemas de visión o PCs de terceros. (National Instruments, 2015).

2.5.1.5 NI-DAQmx Software

Software controlador NI-DAQmx va mucho más allá de un controlador básico DAQ para ofrecer una mayor productividad y rendimiento y es una de las principales razones de National Instruments continúa siendo el líder en la instrumentación virtual y adquisición de datos basado en PC. NI-DAQmx software del controlador y el software de servicios de medición adicional incluido con cada NI-DAQmx apoyó dispositivo DAQ proporcionar: (National Instruments, 2015)

- Una única interfaz de programación para la entrada analógica de programación, salida analógica, E / S digitales, y mostradores en cientos de dispositivos de hardware DAQ multifunción.
- El VIs mismo y funciones en NI LabVIEW, NI LabWindows TM / CVI ¹, Visual Basic ¹, Visual Studio .NET ¹ y C / C ++.
- NI Measurement & Automation Explorer ¹, el Asistente DAQ ¹, y LabVIEW SignalExpress software LE ¹ para ahorrar tiempo en la configuración, desarrollo y registro de datos.

2.5.2 SOLIDWORKS

2.5.2.1 SolidWorks

Ofrece sencillez de uso, un rendimiento óptimo y unas consistentes funciones de diseño en 3D. No solo le permite crear piezas, ensamblajes y dibujos para entornos de producción totalmente detallados, sino que le ofrece acceso a todas las herramientas

necesarias para generar superficies complejas, chapas desplegadas de chapa metálica y ensamblajes soldados estructurales. (SolidWorks, 2015).

CAPITULO 3: DESARROLLO

3.1 DESARROLLO HARDWARE

3.1.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Debido a requerimientos propios de los componentes presentes en la tarjeta de acondicionamiento de señales EMG, tales como; el voltaje de funcionamiento de los amplificadores instrumentales (INA128) y operacionales (TL074), presencia de señales EMG que no superan los 4v y presencia de ciclos positivas y negativas en la onda es necesario diseñar una fuente de alimentación dual de +5/-5 voltios.

Su construcción cuenta con un transformador blindado de 9 Vpp y tap central; conectado a un puente de diodos rectificador de 1.5A, desde donde se obtiene la salida positiva y negativa que se conectan a dos tipos de reguladores de voltaje LM7805 (+5v) y LM7905 (-5v), es alimentada la entrada del LM7805 con 9v y con -9v el LM7905 siguiendo recomendaciones del fabricante en la obtención de los 5V y -5V a la salida.

El rectificador LM7805 encargado de proporcionar el voltaje positivo empleando la configuración mostrada en la figura 21, en la entrada este emplean en paralelo un condensador de 0.1uF junto a uno de 1000uF y a su salida un condensador de 0.1uF, conectando el negativo de estos a tierra.

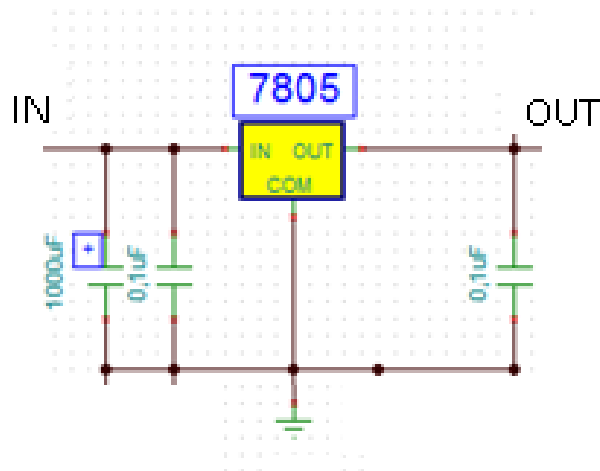


Figura 21. Configuración Rectificador LM7805

El rectificador LM7905 encargado de proporcionar el voltaje negativo empleando la configuración mostrada en la figura 22, en la entrada este emplean en paralelo un condensadores de 0.1µF junto a uno de 1000µF y a su salida un condensador de 0.1µF, conectando el positivo de estos a tierra, según recomendaciones del fabricante.

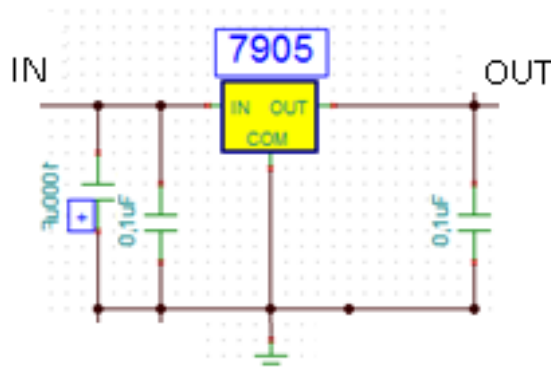


Figura 22. Configuración Rectificador LM7905

Las salidas de 5V y -5V son conectadas cada una a un diodo 1N5399 el cual soporta 1.5A con la finalidad de evitar el flujo de corrientes en sentido contrario. La figura 23 muestra el esquema completo de la fuente dual (+5v/-5v).

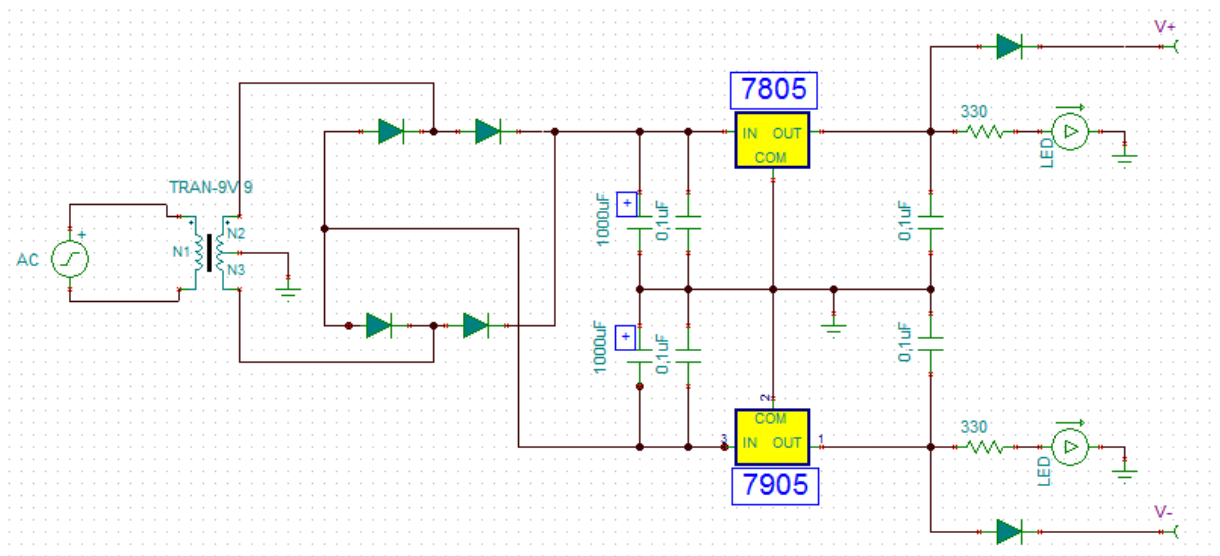


Figura 23. Esquema fuente dual (+5v/-5v).

3.1.2 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL

Al acondicionar señales EMG se caracteriza la señal proveniente de cada musculo estudiado para ajustar el parámetro de ganancia en cada operacional, debido a la variación de la amplitud de las señales EMG según la cantidad de fibras que posea el musculo esta variación puede ser de μV hasta con un máximo de mV (menor de 10mV). (Dalcame, 2015), contrario al comportamiento de estas en frecuencia ya que sin importar de que musculo provenga la señal esta se encuentra entre 15 – 500 Hz. (Orozco Gutiérrez, Betancourt Orozco, & Giraldo Suárez, 2006).

3.1.2.1 Amplificador de instrumentación

Se emplea el amplificador instrumental INA128 ya que cuenta con una configuración específica para señales EMG, declarada por el fabricante en el datasheet, esta referencia de amplificador es nombrada en diferentes proyectos donde se pretende realizar algún tipo de captura de señales provenientes del cuerpo humano EMG, ECM y

EEG. (Portilla Cuarán & Cortés Lizarazo, 2014) Una de las aplicaciones declaradas por el fabricante para este integrado es el uso en instrumentación médica.

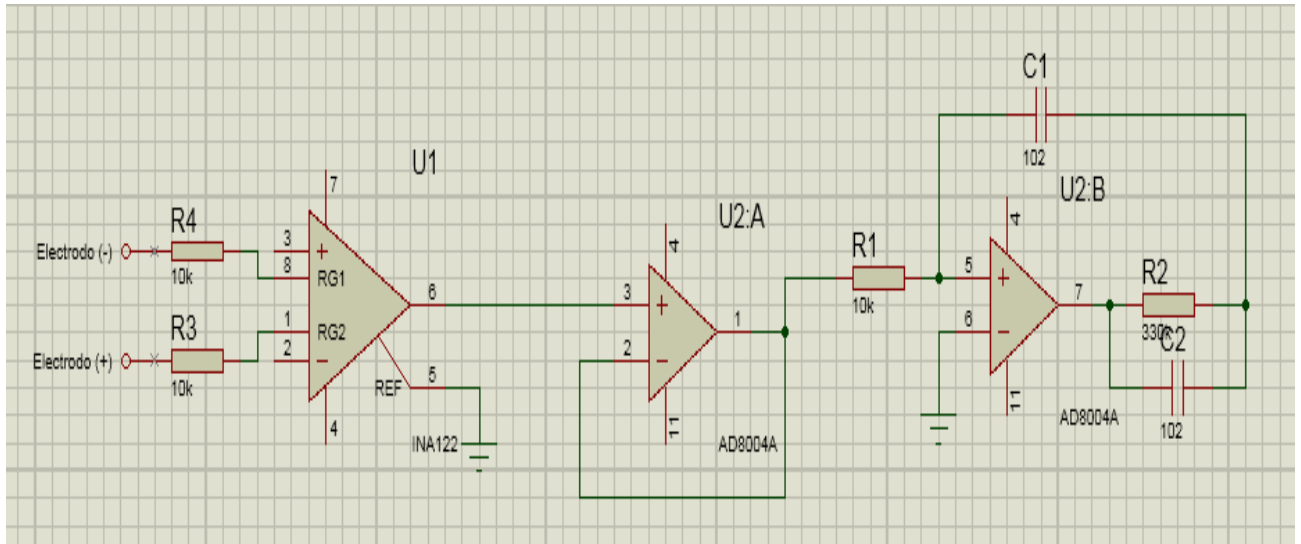


Figura 24. Configuración del INA128.

La figura 24 muestra el diagrama de la etapa de adquisición de la señal EMG; donde la señal es captada por un amplificador de instrumentación (INA128), ingresando por el pin 2 y 3, la señal proveniente de los electrodos positivo y negativo ubicados sobre el musculo, la configuración empleada en la figura 24 es la sugerida por la hoja de datos proporcionada por el fabricante; la ganancia se encuentra dada por la relación de resistencias conectadas a R_G y correspondiente a las ecuación 3.1.1 y 3.1.2, del punto en común donde se unen estas se conecta un amplificador operación como forma de aumentar el rechazo en modo común y dejar una referencia de la señal al final de la etapa, que será ubicado en la parte baja derecha del abdomen.

La función principal de la referencia es disminuir las señales en modo común y cumplir las funciones de un polo a tierra.

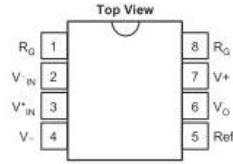


Figura 25. Distribucion pines del INA128.

$$R_G = \frac{R_{G1}}{2} \quad (3.1.1)$$

$$G = 1 + \frac{50K\Omega}{R_G} \quad (3.1.2)$$

La ganancia de esta etapa es calculada para un valor de $R_{G1} = 1K\Omega$ y empleando las ecuaciones proporcionadas por el fabricante.

$$R_G = \frac{R_{G1}}{2} \quad (3.1.1)$$

$$R_G = \frac{1K\Omega}{2}$$

$$R_G = 500 \Omega$$

$$G = 1 + \frac{50K\Omega}{R_G} \quad (3.1.2)$$

$$G = 1 + \frac{50K\Omega}{500\Omega}$$

$$G = 1 + 100$$

$$G = 101$$

La ganancia de este para una señal de μV hasta un bajo rango de mV (menor de 10mV) (Dalcame, 2015) correspondiente al margen de voltaje de una señal EMG, la ganancia

proporcionada por el INA128 garantiza que la señal se encontrara entre los 101uV y 1,01V en la salida proporcionada por el pin 6.

3.1.2.2 Filtro pasoaltas

El filtro pasoaltas está diseñado con una frecuencia de corte de 15Hz para permitir el paso de la banda de mayor potencia comprendida entre los 50 y 150Hz. (Delgado Saa, Vallejo, & Torres, 2007).

Con los datos obtenidos de la salida del INA128 en la etapa del amplificador instrumental y filtrando los datos se establece un voltaje mínimo de 133,3uV y un máximo de 21,7mV, estos valores registrados son bajos por lo que en la etapa de filtrado se otorga una nueva ganancia a la señal.

El cálculo de este se realiza con las ecuaciones contemplada en el numeral 2.4.2.1, asumiéndose valores comerciales para $C_1 = 0,1\mu F$, $R_G = 1K\Omega$, con la finalidad de hallar los valores de R_F y R_1 teniendo en cuenta que se desea dar una ganancia de 331 veces y filtrar a 15Hz.

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} \quad (2.4.2.1.1)$$

$$R_G A_v - 1 = R_F$$

$$1K\Omega * 331 - 1 = R_F$$

$$330K\Omega = R_F$$

$$R_1 = \frac{1}{2\pi f_c C_1} \quad (2.4.2.1.2)$$

$$R_1 = \frac{1}{2\pi * 15Hz * 0,1\mu F}$$

$$R_1 = \frac{1}{2\pi * 15Hz * 0,1\mu F}$$

$$R_1 = 10,61K\Omega$$

Al realizar el cálculo de R_f el valor obtenido es 330K Ω un valor de resistencia comercial razón por la cual no es necesario recalculer el parámetro de ganancia, ya que se ajusta a las especificaciones. Caso contrario con el valor obtenido para R_1 el cual no es un valor de resistencia comercial, por lo tanto se realizara el cálculo con el valor de resistencia más cercana 10k Ω , para verificar el punto de trabajo de este filtro.

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (2.4.2.1.2)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi * 10k\Omega * 0,1\mu F}$$

$$f_c = 15,92Hz$$

La frecuencia de corte recalculada es de 15,92Hz, desviado un 6,13% a la frecuencia de corte deseada por lo que se realiza la elaboración del filtro con el valor de resistencia comercial de 10K Ω .

La figura 26 muestra el diagrama de la configuración del filtro pasoaltas con frecuencia de corte de 15,92Hz

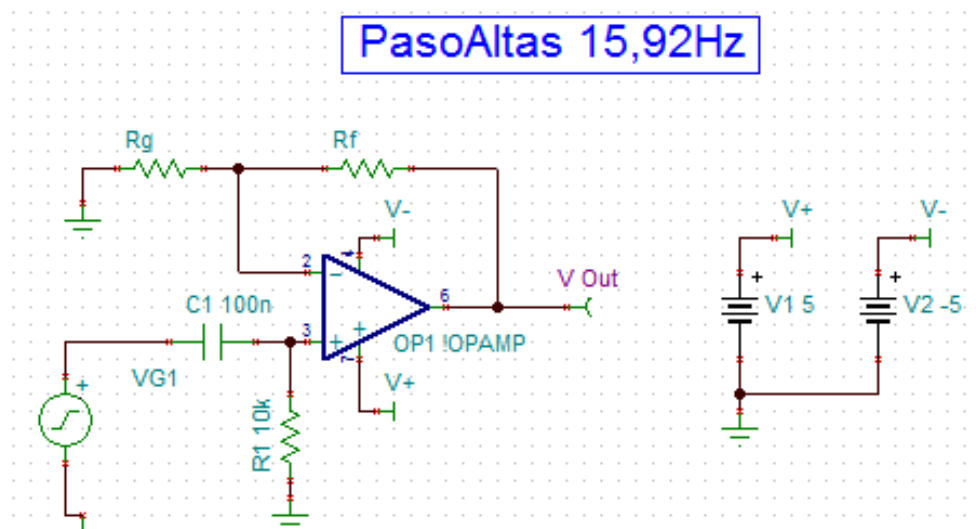


Figura 26. Diagrama filtro pasoaltas con frecuencia de corte de 15,92Hz

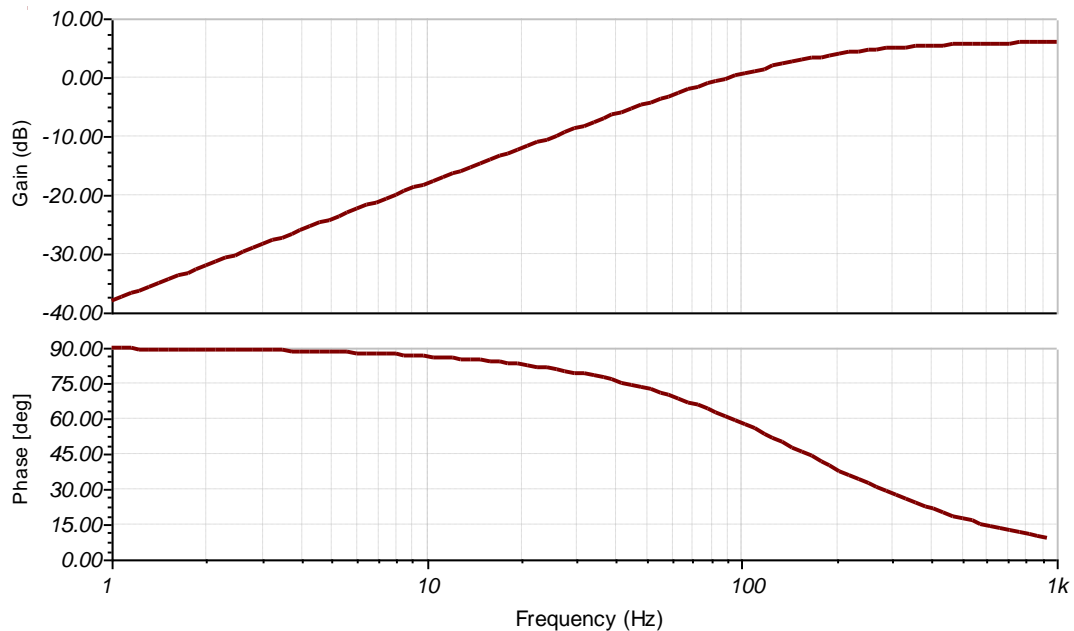


Figura 27. Diagrama Bode filtro pasoaltas con frecuencia de corte de 15,92Hz

3.1.2.3 Filtro pasobajas

Para el diseño del filtro pasobajas se toma en cuenta el rango de frecuencias establecidas en varios documentos los cuales indican que las señales van desde 0Hz hasta 500Hz encontrándose la banda de mayor energía comprendida entre 50 y 150Hz. (Delgado Saa, Vallejo, & Torres, 2007); por lo cual la frecuencia de corte de este filtro es 500Hz, observando los datos obtenidos de la salida del INA128 en la etapa del amplificador de instrumentación y filtrando el menor dato se obtiene un voltaje de 133,3uV y el mayor 21,7mV por lo que en la etapa de filtro pasoaltas se le da una ganancia de 151 veces y como lo evidencia la Figura 26 no se requiere dar ganancia mayor a la unitaria en esta etapa.

Para el cálculo de este se emplean las ecuaciones contemplada en el numeral 2.4.2.1, asumiéndose valores comerciales para $C_1 = 0,1\mu F$, $R_G = 100k\Omega$, $R_F = 300\Omega$, con la

finalidad de hallar el valor de R_1 teniendo en cuenta que se desea dar una ganancia unitaria y filtrar a 500Hz.

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} \quad (2.4.2.1.1)$$

$$A_v = 1 + \frac{300\Omega}{100k\Omega}$$

$$A_v = 1 + 0.003$$

$$A_v = 1.003$$

$$R_1 = \frac{1}{2\pi f_c C_1} \quad (2.4.2.1.2)$$

$$R_1 = \frac{1}{2\pi * 500Hz * 0,1\mu F}$$

$$R_1 = \frac{1}{2\pi * 500Hz * 0,1\mu F}$$

$$R_1 = 318,30\Omega$$

El valor obtenido para R_1 no es un valor de resistencia comercial, por lo tanto se realiza el cálculo con el valor de resistencia más cercano a este 330Ω, para verificar el punto de trabajo de este filtro.

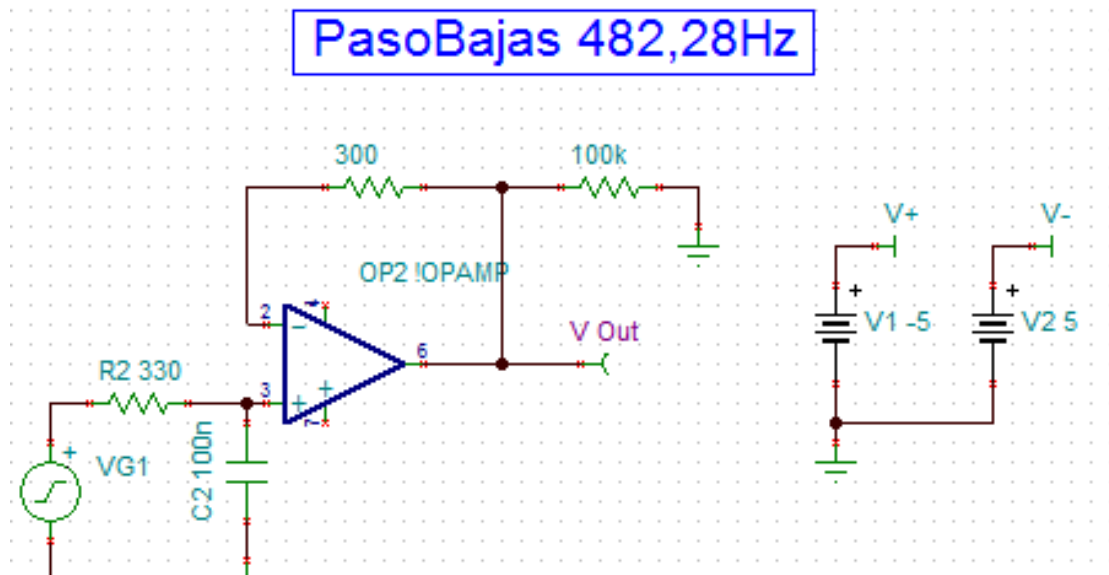
$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad (2.4.2.1.2)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi * 330\Omega * 0,1\mu F}$$

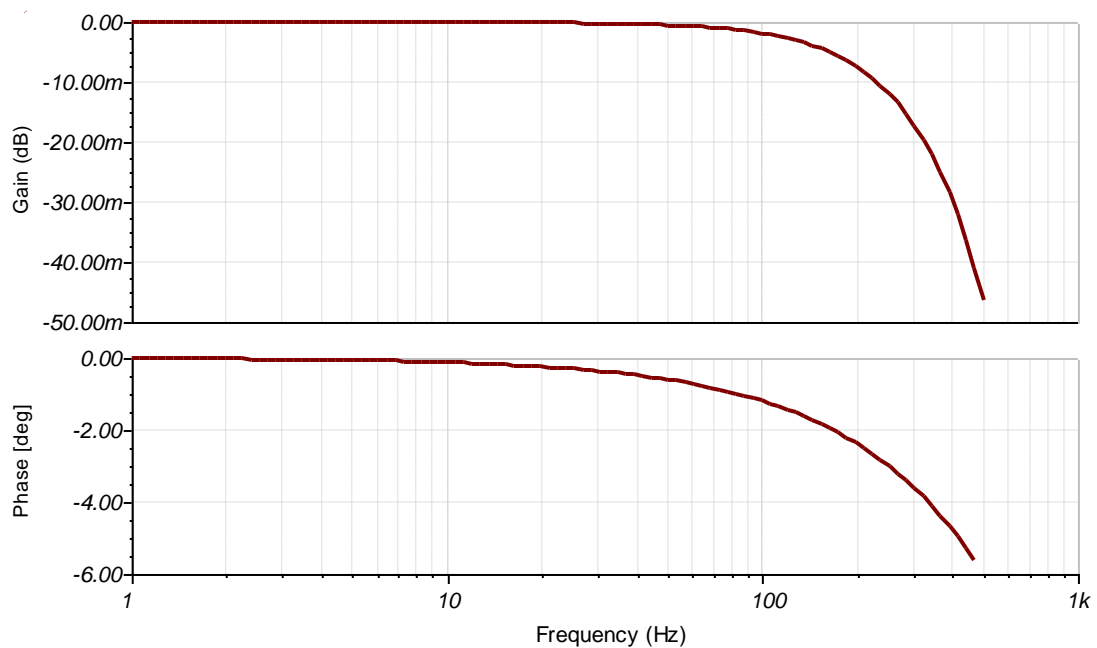
$$f_c = 482,28Hz$$

La frecuencia de corte recalculada es de 482,28Hz, desviado 3,5% a la frecuencia de corte deseada para lo que se realiza la elaboración del filtro con el valor de resistencia comercial de 330Ω.

La figura 28 muestra el diagrama de la configuración del filtro pasobajas con frecuencia de corte de 482.28Hz.



La figura 28. Diagrama filtro pasobajas con frecuencia de corte de 482.28Hz



La figura 29. Diagrama Bode filtro pasobajas con frecuencia de corte de 482.28Hz

3.1.2.4 Diseño de cada canal

El diseño realizado en los numerales 3.1.3.1 y 3.1.3.3 es el mismo para el diseño de los tres canales necesarios para el desarrollo de la simulación, pero para el diseño del numeral 3.1.3.2 en cada canal se realiza un ajuste en el parámetro de ganancia del amplificador debido a la variación de potencial que ofrece el musculo dos y tres del estudio.

3.1.2.4.1 Canal 1 Musculo de estudio Bicep

El diseño de esta etapa toma los diseños sin ningún tipo de modificación de los numerales 3.1.3.1, 3.1.3.2 y 3.1.3.3. Debido a que los cálculos y valores expresados para la ganancia del filtro 3.1.3.2 fueron los correspondientes al estudio del Bicep. los datos correspondientes a la medición se encuentran en el ANEXO 1.

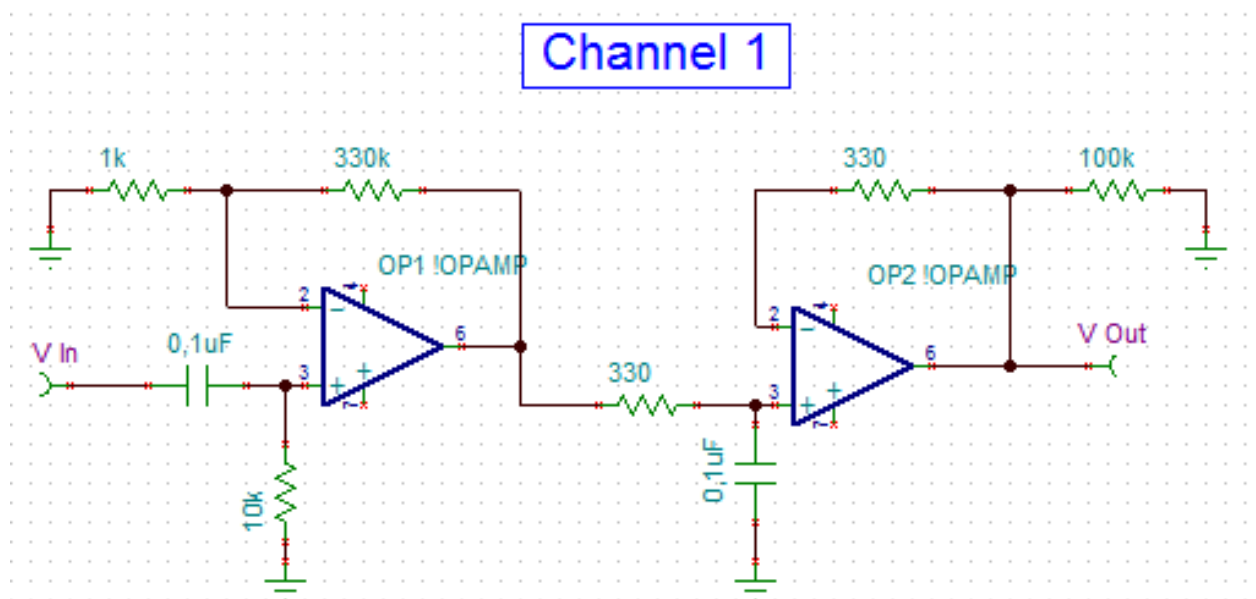
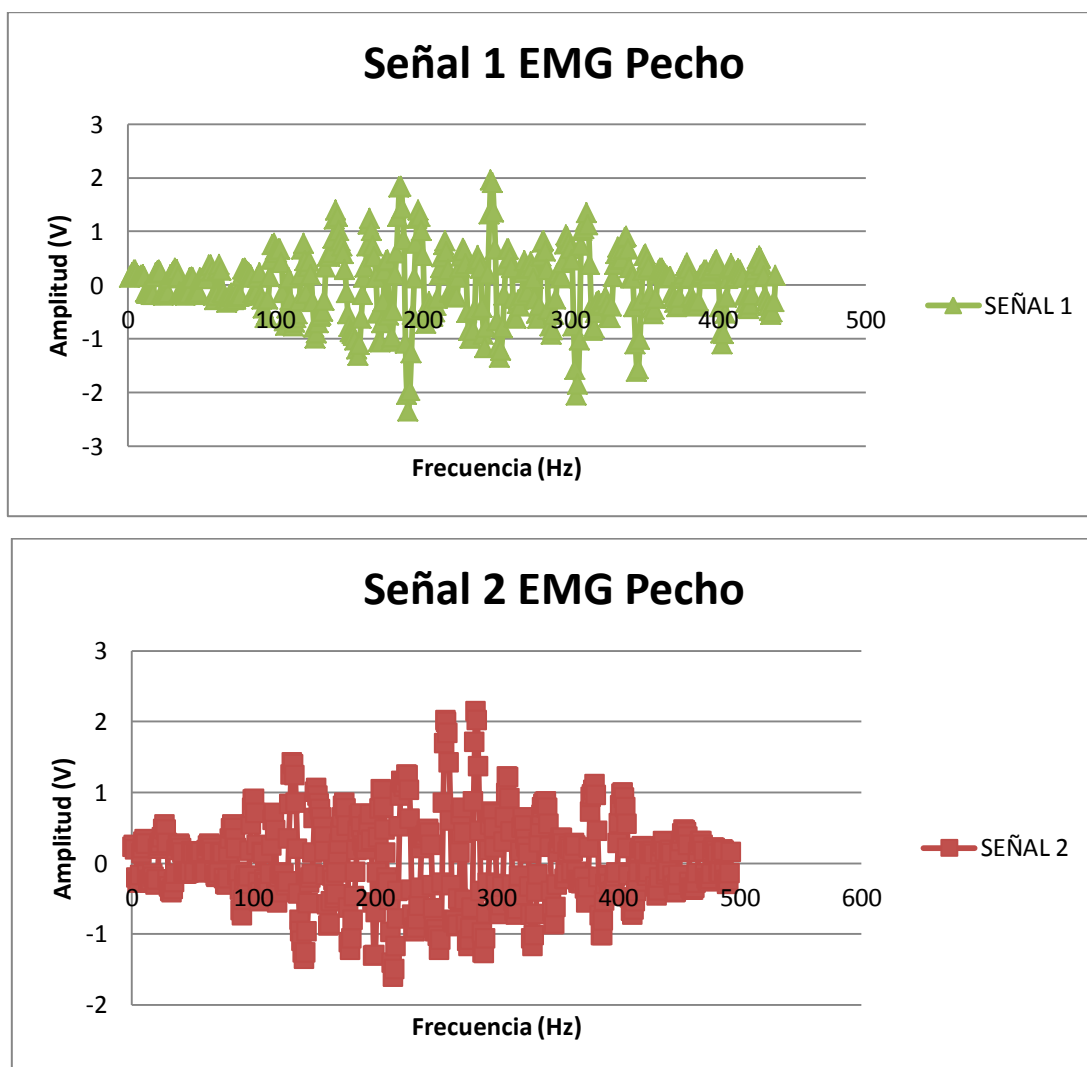


Figura 30. Diagrama del esquema de canal 1 Bicep

3.1.2.4.2 Canal 2 Musculo de estudio Pectoral

El comportamiento del musculo del pectoral se observa empleando la configuración del canal 1 Bicep y proporcionando una ganancia gradual en el software LABView para determinar así la ganancia que se debe otorgar a este canal en la etapa de filtrado.

Este evidencio ciertas características; ganancia requerida en el amplificador (660 a 700 veces), voltaje máximo de la señal, piso de ruido y frecuencias de mayor potencial o actividad al movimiento, los datos correspondientes a la medición se encuentran en el ANEXO 2.



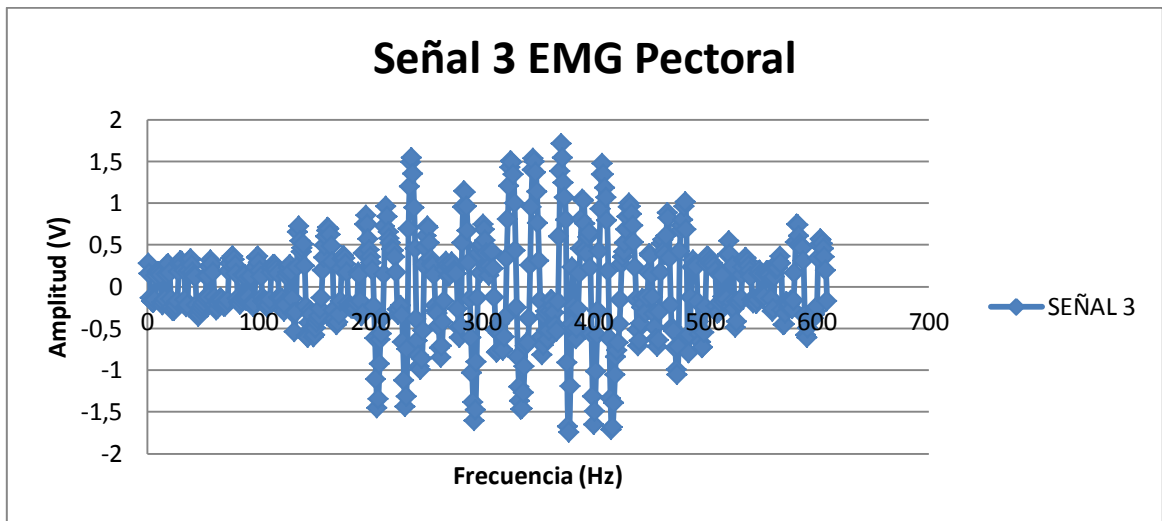


Figura 31. Grafica Señales EMG provenientes de Pectoral

El filtro de esta etapa toma los diseños sin ningún tipo de modificación de los numerales 3.1.3.1 y 3.1.3.3; realizándole una modificación al parámetro de ganancia ya antes mencionado en base a el valor mínimo de la señal 179uV y máximo de 31mV, para llevar acabo el cálculo se emplea la ecuación de ganancia en el numeral 2.4.2.1 buscando una ganancia cercana a las 680 veces.

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} \quad (2.4.2.1.1)$$

$$A_v = 1 + \frac{680k}{1k}$$

$$A_v = 681$$

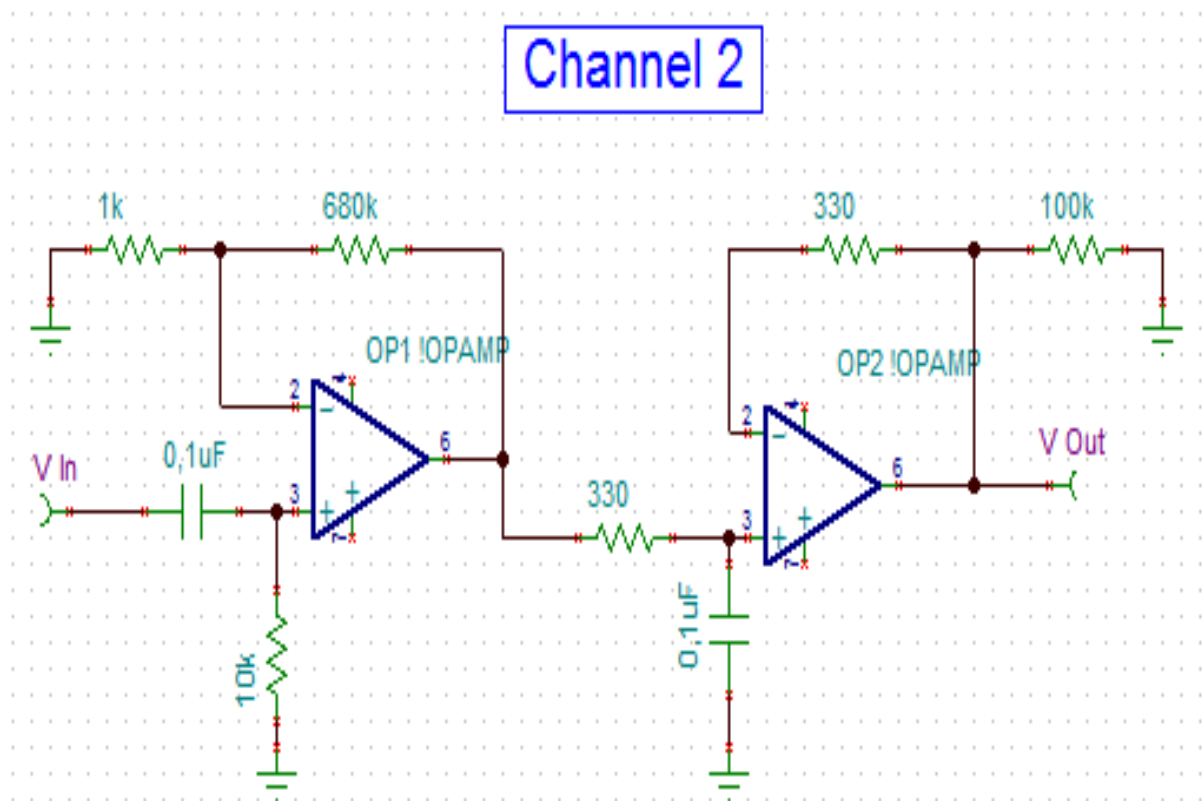


Figura 32. Diagrama del esquema de canal 2 Pectoral

3.1.2.4.3 Canal 3 Musculo de estudio Trapecio

El comportamiento del musculo del trapecio se observa empleando la configuración del canal 1 Trapecio y proporcionando una ganancia gradual en el software LABView para determinar así la ganancia que se debe otorgar a este canal en la etapa de filtrado.

Este evidencio ciertas características; ganancia requerida en el amplificador (990 a 1010 veces), voltaje máximo de la señal, piso de ruido y frecuencias de mayor potencial o actividad al movimiento, los datos correspondientes a la medición se encuentran en el ANEXO 3.

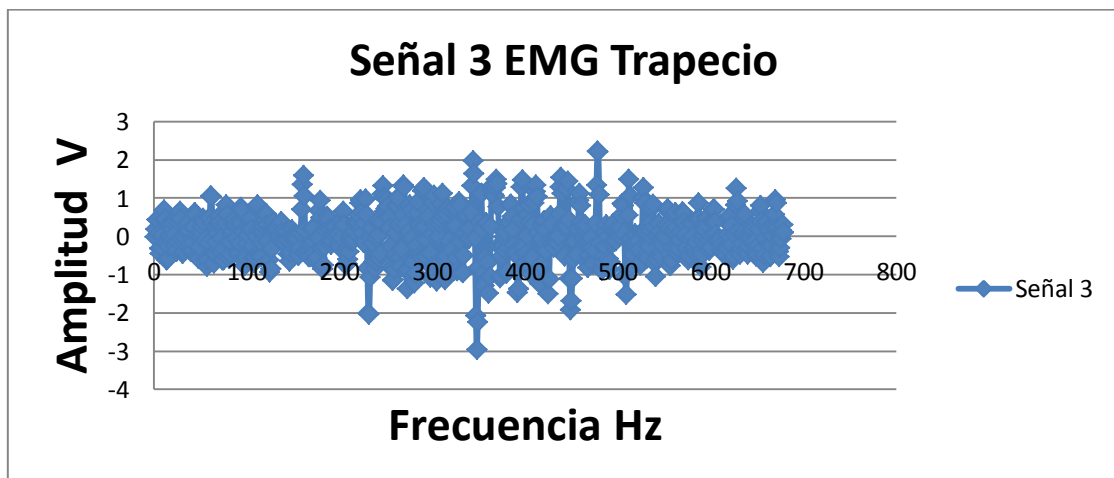
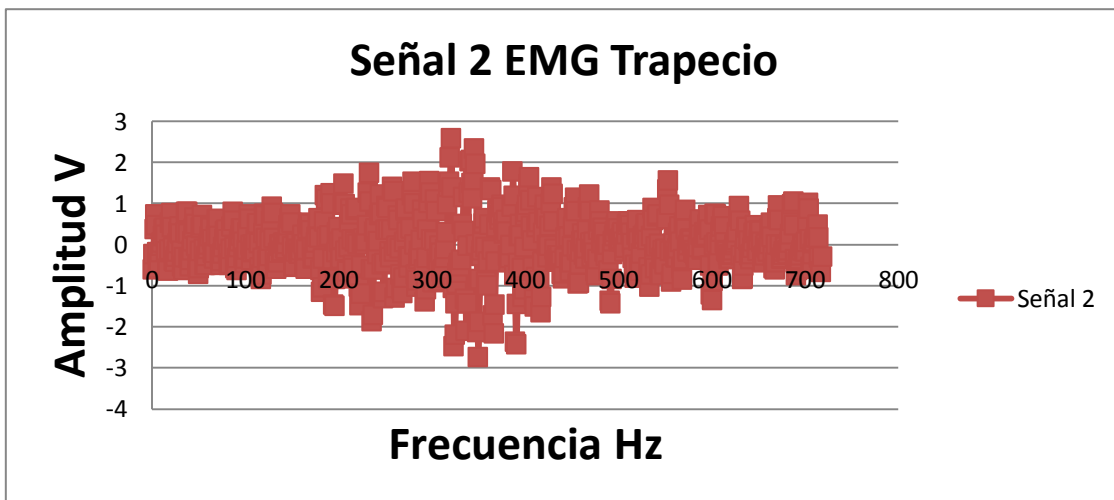
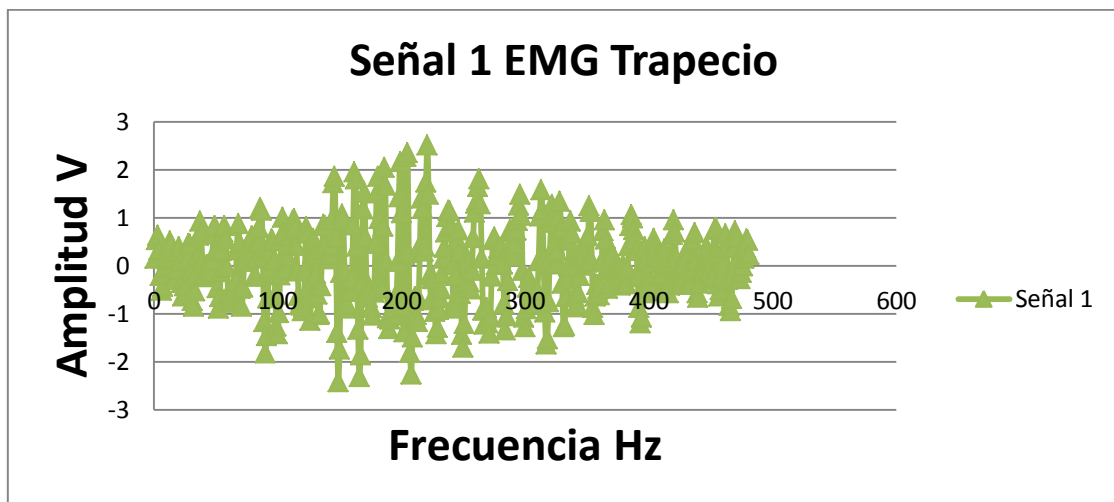


Figura 33. Graficas Señales EMG provenientes de Trapecio

El filtro de esta etapa toma los diseños sin ningún tipo de modificación de los numerales 3.1.3.1 y 3.1.3.3; realizándole una modificación al parámetro de ganancia ya antes mencionado en base a el valor mínimo de la señal 3,72uV y máximo de 2,23mV, para llevar acabo el cálculo se emplea la ecuación de ganancia en el numeral 2.4.2.1 buscando una ganancia cercana a las 1010 veces.

$$A_v = 1 + \frac{R_F}{R_G} \quad (2.4.2.1.1)$$

$$A_v = 1 + \frac{1M}{1k}$$

$$A_v = 1001$$

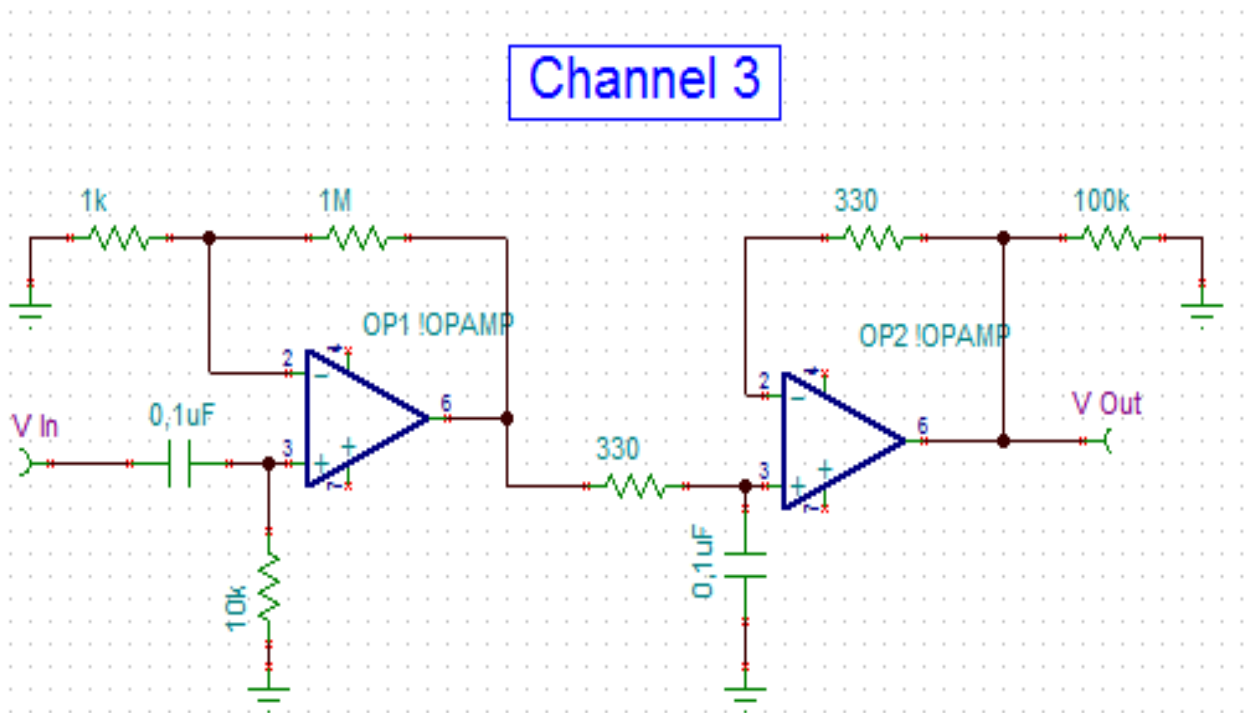


Figura 34. Diagrama del esquema de canal 3 Trapecio

3.2 DESARROLLO SOFTWARE

El desarrollo del software se encuentra estructurado en el siguiente diagrama



Figura 35. Estructural de diseño de software

3.2.1 Adquisición y visualización de señales EMG

El proceso de adquisición y visualización de la señal EMG, emplea la tarjeta comercial NI-USB 6009; para iniciar la programación en LabVIEW es necesario emplear todo dentro de una estructura de programación, para este caso While Loop, introduciendo dentro de esta la herramienta NI DAQ-mx, DAQ Assistant configurándola de la siguiente manera Continuous Samples, samples to read 1k, Rate (Hz) 1kHz como lo muestra la figura 36.

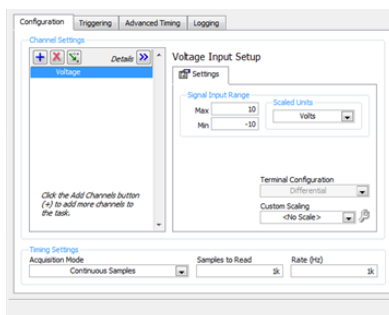


Figura 36. Configuración de puerto análogo NI DAQ Assistant

El proceso de adquisición de la señal para cada canal debe contar con un puerto configurado en la herramienta NI DAQ Assistant, adicionando dos puertos más análogos de la tarjeta mediante Add Channels, voltage y seleccionando los puertos que se desean emplear como lo muestra la figura 37.

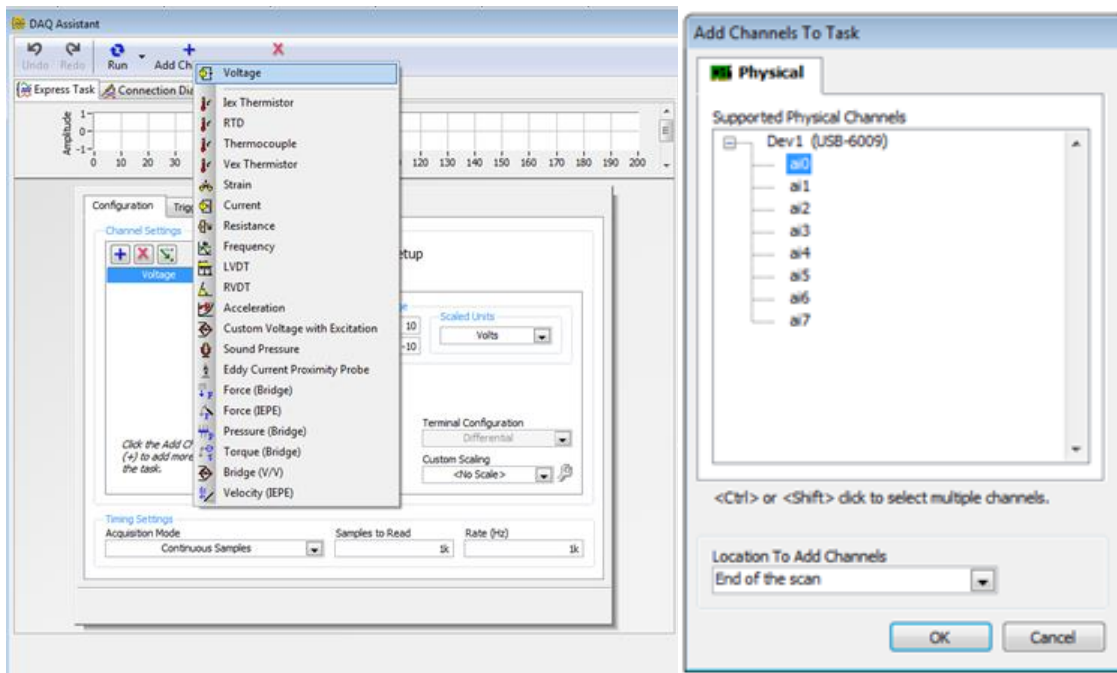


Figura 37. Adicionamiento de puerto análogo NI USB 6009

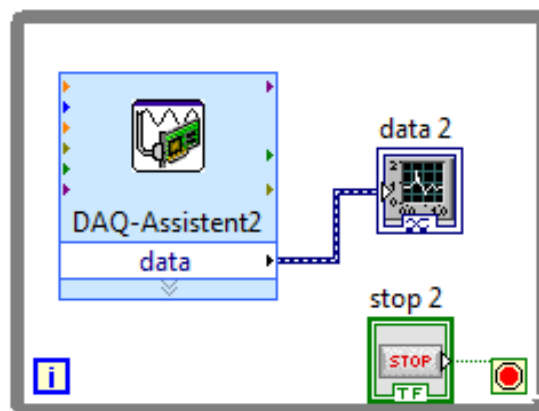


Figura 38. Diagrama captura y visualización de señal EMG con NI USB 6009

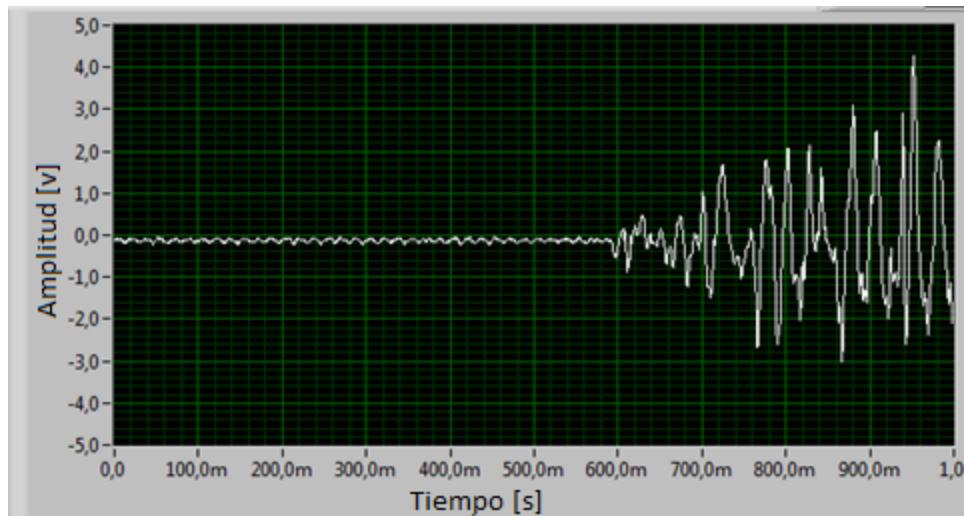


Figura 39. Osciloscopio LabVIEW señal capturada por canal a0 de NI USB 6009

3.2.2 Filtro Pasabanda Digital 15Hz a 500Hz y 60Hz

Diseño de un filtro digital, empleando la herramienta tarjeta comercial NI-USB 6009; para iniciar la programación en LabVIEW es necesario emplear todo dentro de una estructura de programación, dirigiéndonos al recuadro principal “Functions”, ingresamos en express>>signal analysis>>filter como lo muestra la figura 40.

Posterior a esto se crea una ventana de configuración para el filtro como lo muestra la figura 41, en esta ventana se configuraran parámetros tales como el tipo de filtro, frecuencia(s) de corte, topología del filtro y por ultimo orden de este.

Para el procesamiento de las señales EMG se configurara de la siguiente manera; Filterinf type Bandpass, Filter Specifiations Low CutOff Frequency (Hz) 15 Hz, High cutoff frequency (Hz) 500Hz, topology Butterwoth y order 3 como lo muestra la figura Este mismo proceso de configuración se debe realizar para cada uno de los tres canales. Con un procedimiento igual se realiza un filtro Low CutOff Frequency (Hz) 58

Hz, High cutoff frequency (Hz) 62Hz, topology Butterworth y order 3 para eliminar la frecuencia de 60Hz presente en la red electrica.

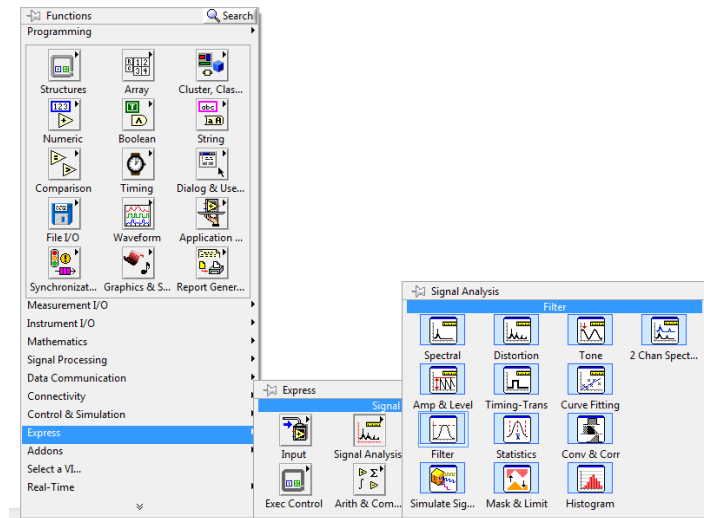


Figura 40. Ruta para creación de filtro digital

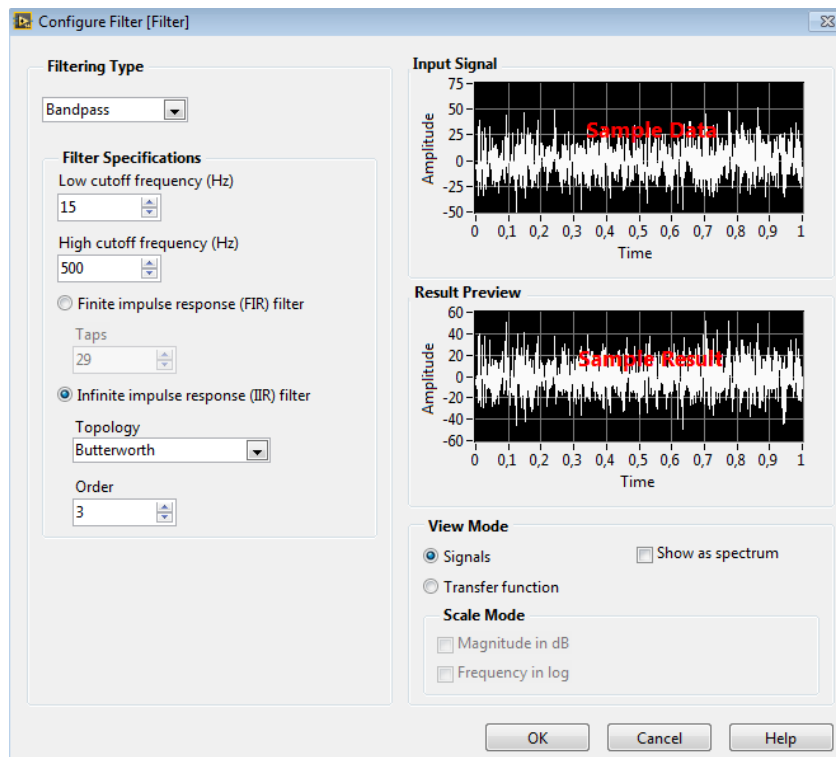


Figura 41. Filtro Digital señales EMG

3.2.3 Almacenamiento de señales EMG

El almacenamiento de la señal EMG emplea la herramienta write to measurement de LabVIEW; la cual permite almacenar los datos correspondientes de la señal en archivos planos o Excel, permitiendo esta última realizar un gráfico de dispersión con los datos almacenada con anterioridad. A partir de los datos recolectados en este programa permite conocer las amplitudes que presenta la señal en todo momento con una frecuencia constante de 1ms.

La figura 42 muestra la configuración que se debe dar dentro de una sentencia While Loop para realizar la captura y visualización de la señal EMG.

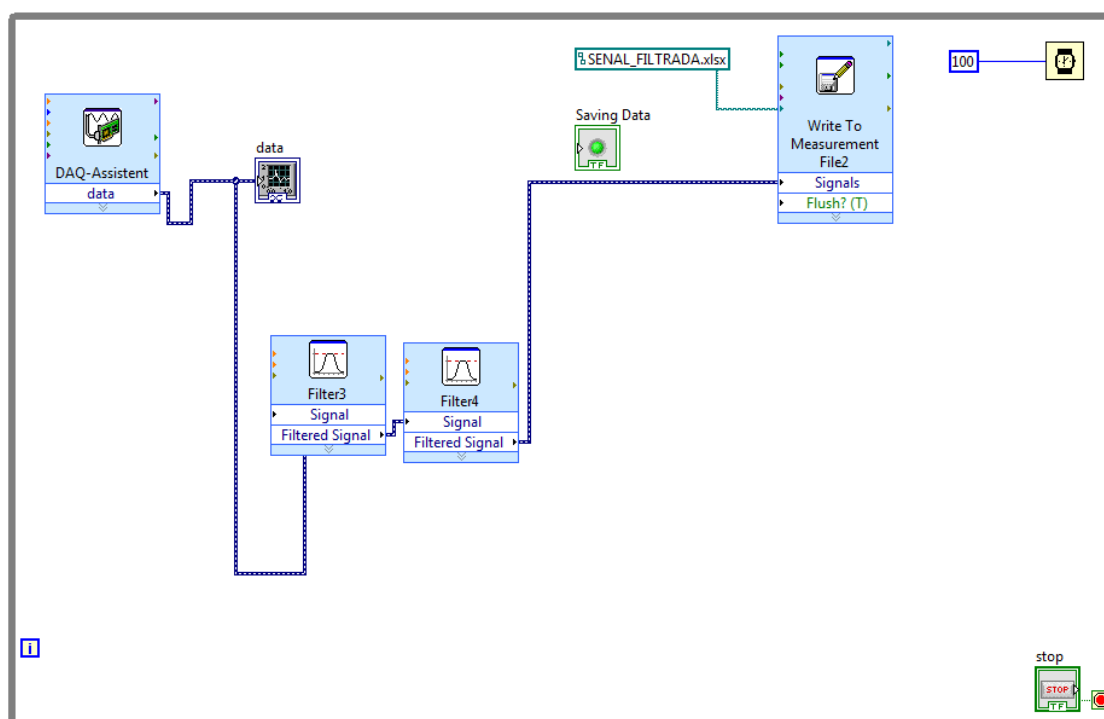


Figura 42. Estructura programa de captura de la señal EMG

La elaboración de esta GUI cuenta con una estructura de programación While Loop la cual permite ejecutar este programa de captura de señal en todo momento con ayuda

del toolkit LabVIEW Real-Time encargado de establecer un tiempo de muestreo en la tarjeta lo cual permite asegurar una frecuencia de captura de datos de 0,001Hz.

3.2.4 Caracterización de las señales

Con el programa “**Almacenamiento de señales EMG**” se caracterizo las 3 señales de estudio en cuanto a la identificación de las frecuencias con mayor actividad al movimiento del musculo, para esto se capturan varias muestras de varias señales pero este documento relaciona las 3 más significativas.

Canal 1 Musculo de estudio Bicep

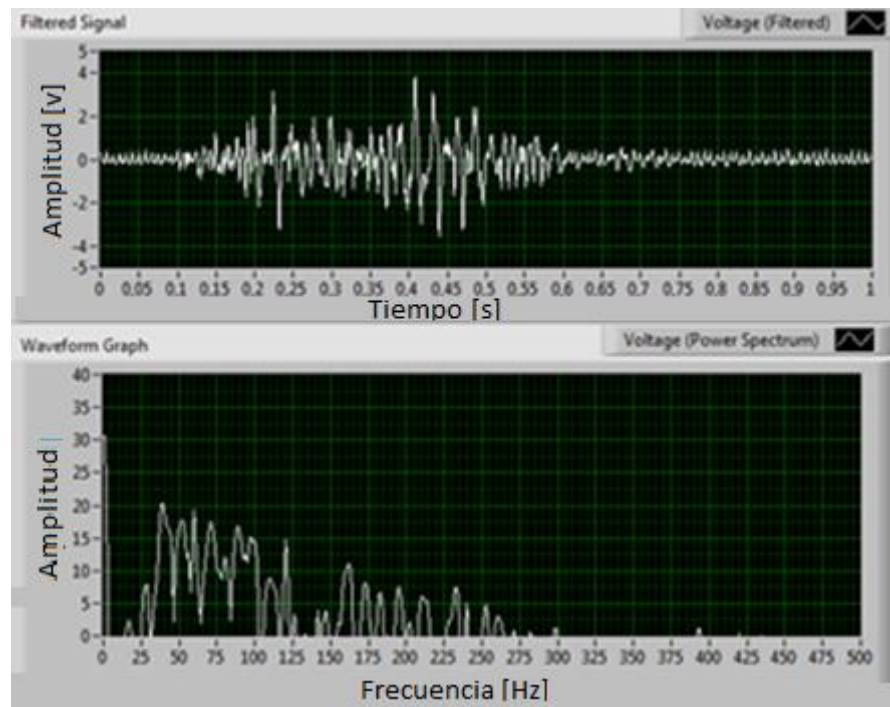


Figura 43. Señal 1 representativa del estudio al Bicep

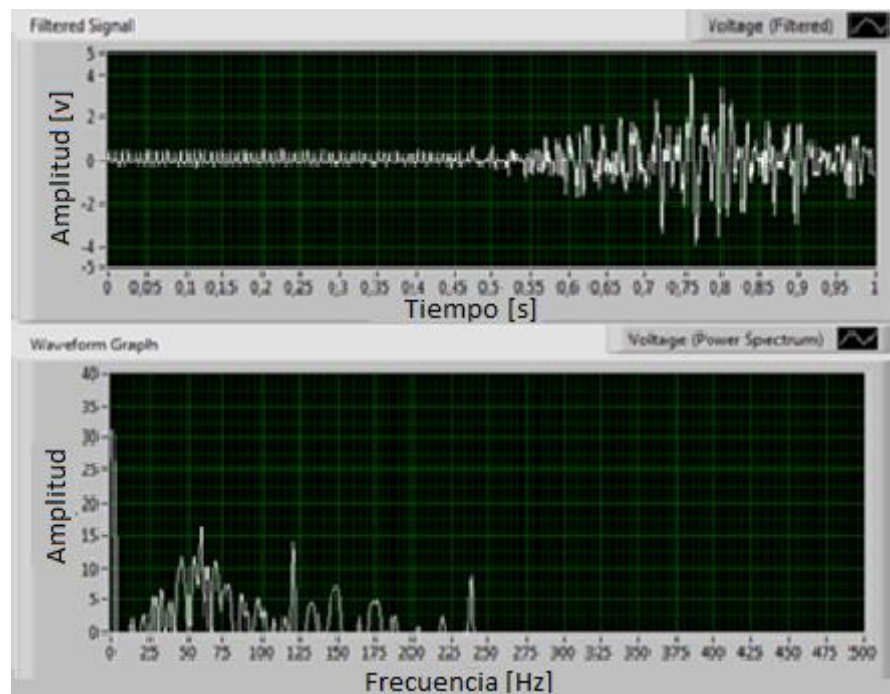


Figura 44. Señal 2 representativa del estudio al Bicep

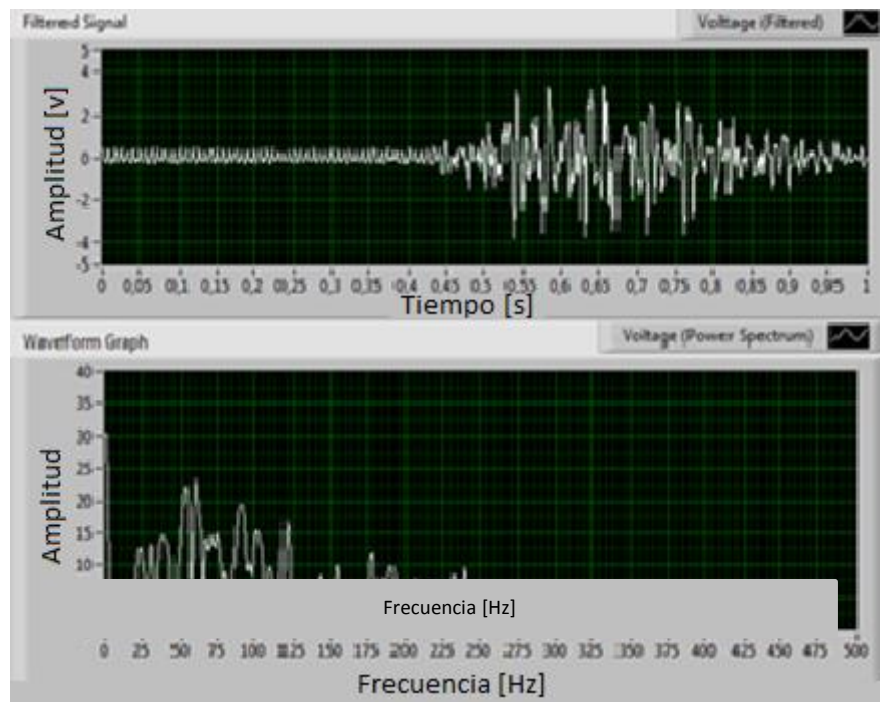


Figura 45. Señal 3 representativa del estudio al Bicep

De los tres casos representativos del musculo bicep se concluye que las frecuencias de más alta actividad al movimiento del musculo se encuentran entre los 25 a los 150 Hz, con alguna presencia en hasta los 300Hz.

Canal 2 Musculo de estudio Pectoral

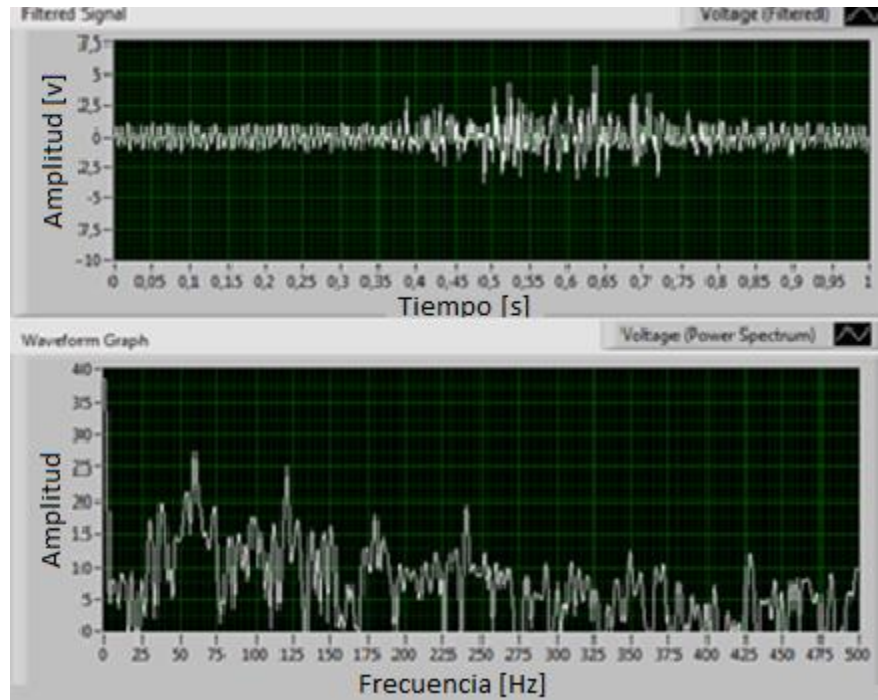


Figura 46. Señal 1 representativa del estudio al Pectoral

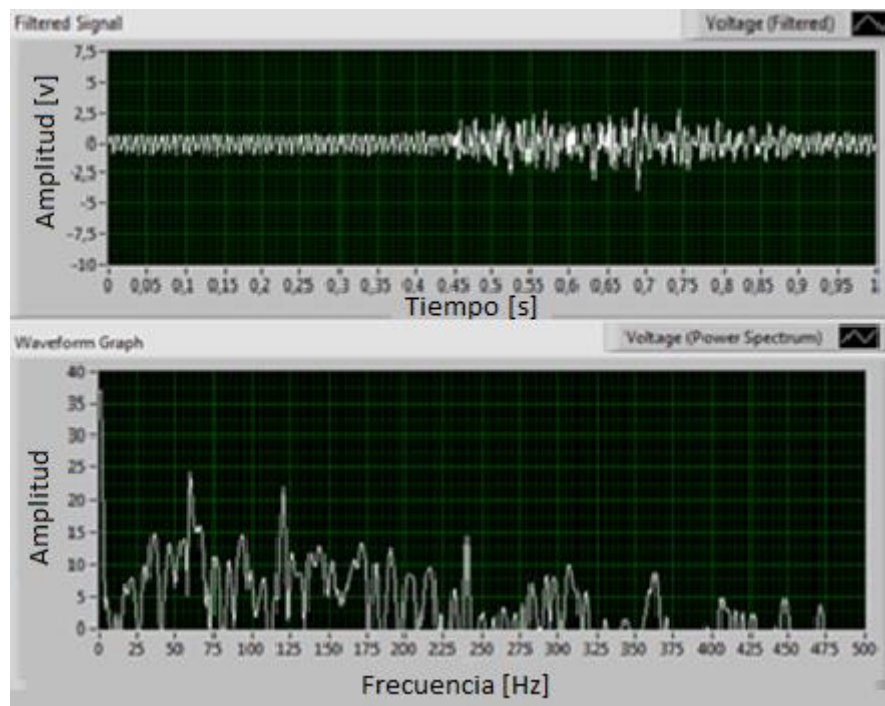


Figura 47. Señal 2 representativa del estudio al Pectoral

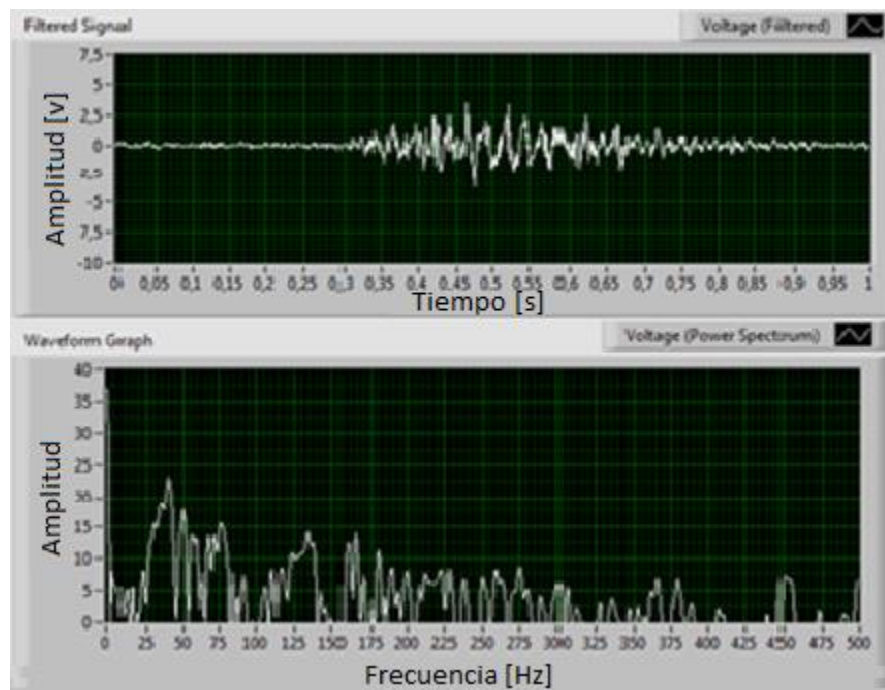


Figura 48. Señal 3 representativa del estudio al Pectoral

De los tres casos representativos del musculo se concluye que las frecuencias de más alta actividad al movimiento del musculo se encuentran entre los 25 a los 250 Hz, con alguna presencia en hasta los 400Hz.

Canal 3 Musculo de estudio Trapecio

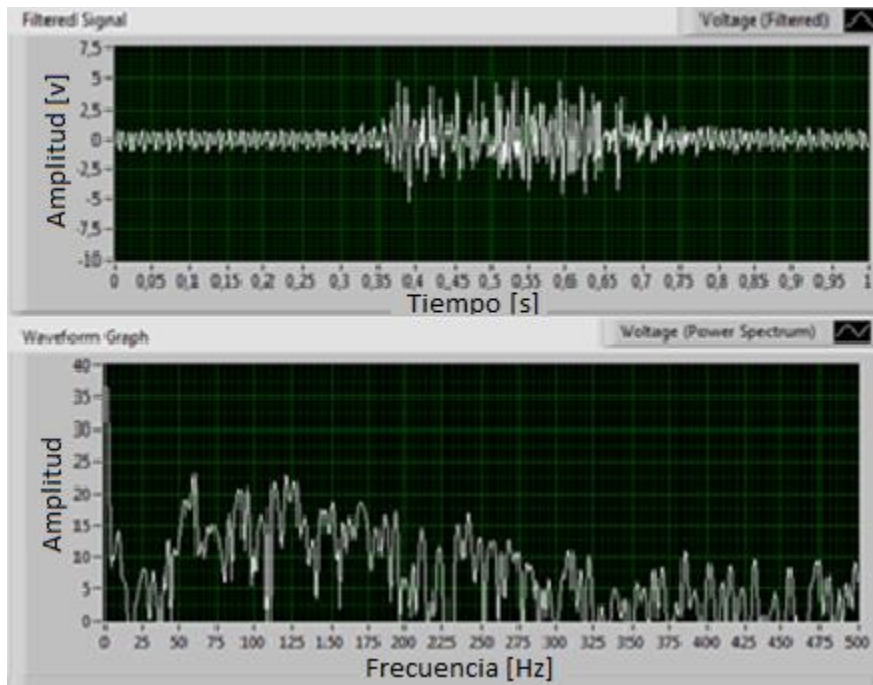


Figura 49. Señal 1 representativa del estudio al Trapecio

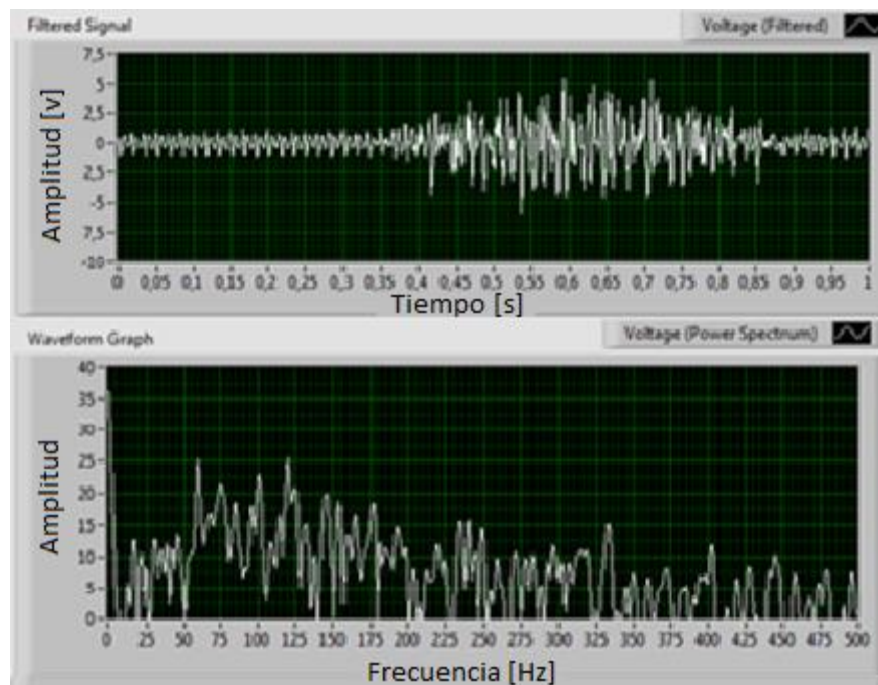


Figura 50. Señal 2 representativa del estudio al Trapecio

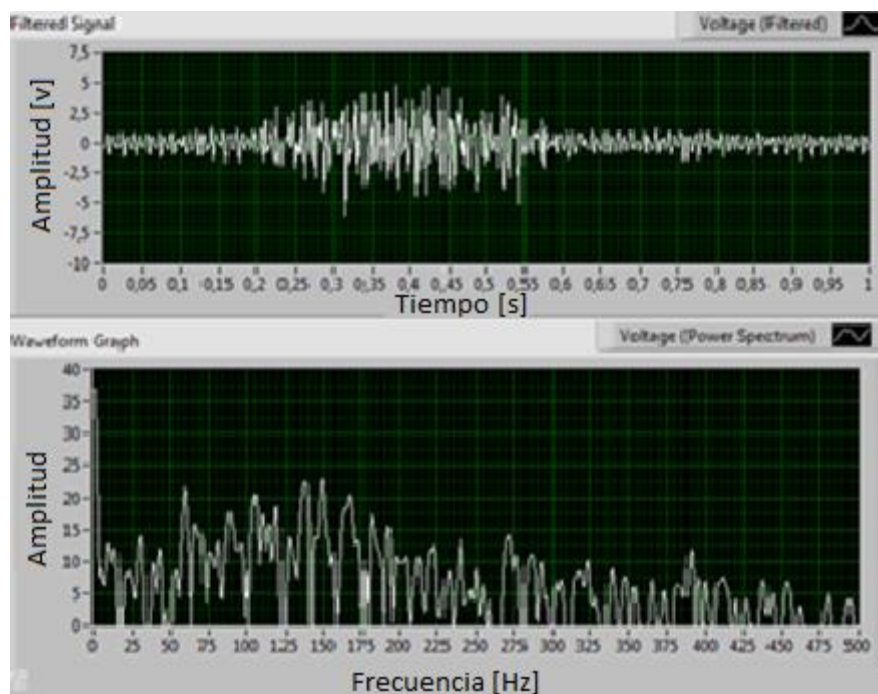


Figura 51. Señal 3 representativa del estudio al Trapecio

De los tres casos representativos del musculo se concluye que las frecuencias de más alta actividad al movimiento del musculo se encuentran entre los 25 a los 150 Hz, con alguna presencia en hasta los 500Hz.

3.2.5 Programa simulación de prótesis de manos con control ON/OFF

El software LabVIEW basa su generación de código mediante la implementación de diferentes estructuras y herramientas presentes en el. El programa simulación de prótesis de mano está basado en el diagrama de flujo.

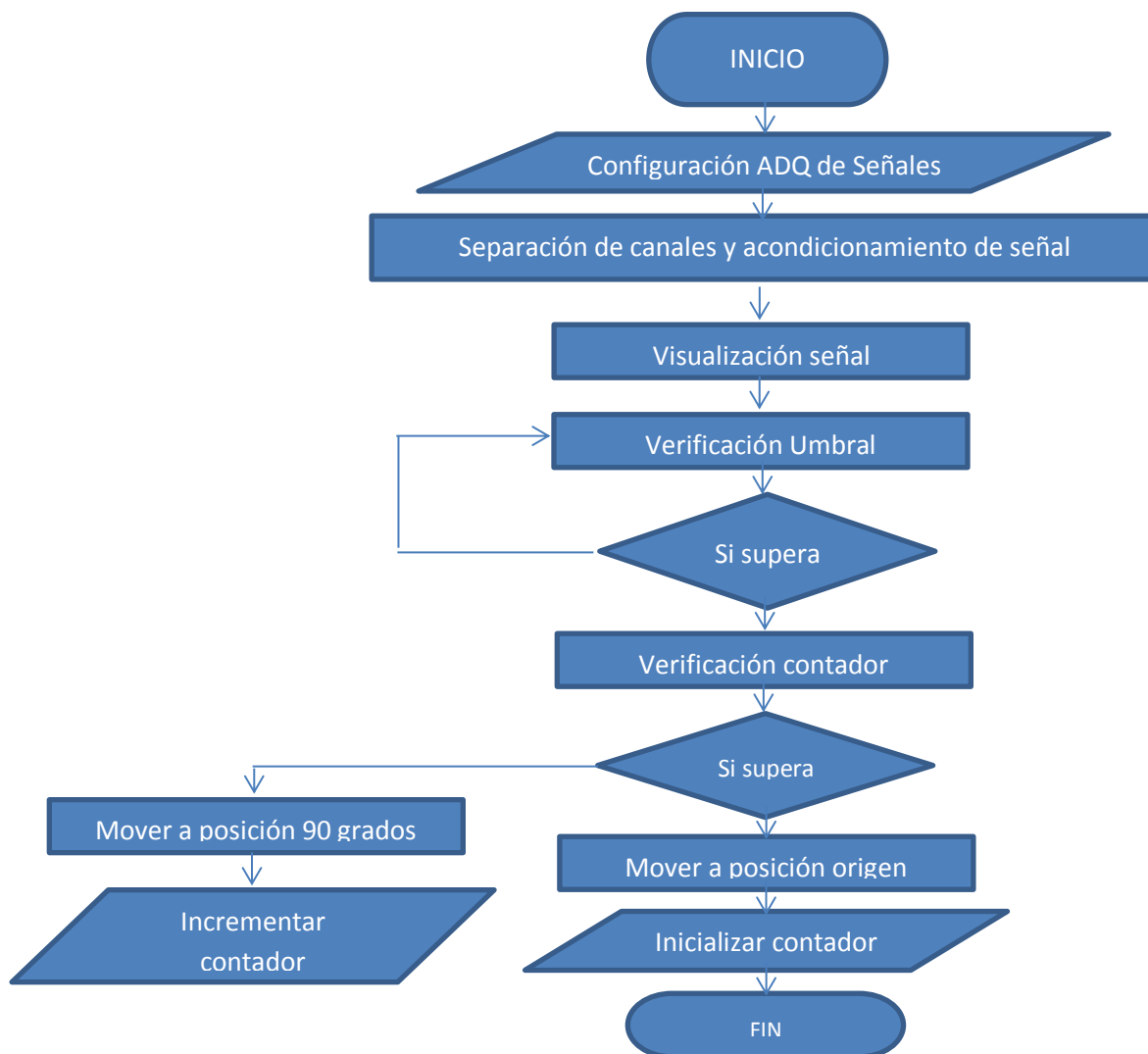


Figura 52. Diagrama de Flujo Programa Control

El algoritmo del diagrama de flujo figura. 52 emplea estructuras como:

- FOR
- WHILE
- TIMED LOOP
- CASE STRUCTURES
- FLAT SEQUENCE STRUCTURES

La estructura For Loop se realiza con los siguientes pasos >> click derecho sobre el escritorio de LABView >> Structures >> For Loop

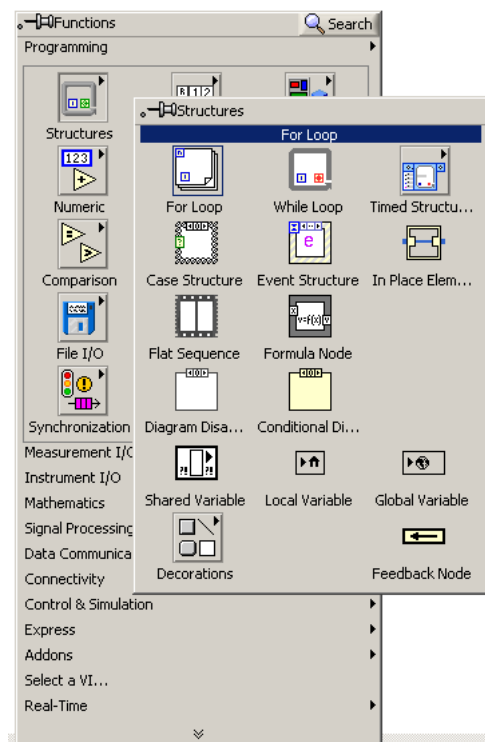


Figura 53. Generar estructura FOR en LABView

La estructura While se realiza con los siguientes pasos >> click derecho sobre el escritorio de LABView >> Structures >> While

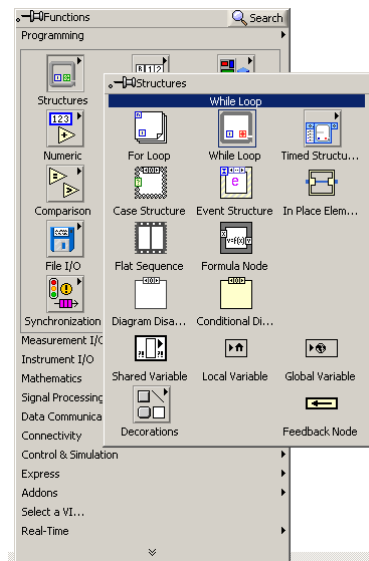


Figura 54. Generar estructura WHILE en LABView

La estructura Timed Loop se realiza con los siguientes pasos >> click derecho sobre el escritorio de LABView >> Timed Structures >> Timed Loop

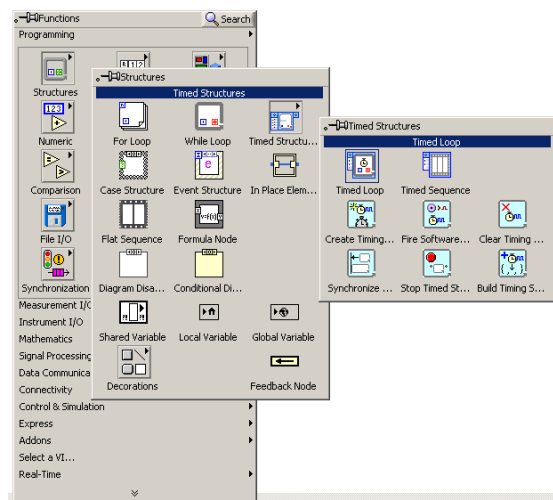


Figura 55. Generar estructura TIMED LOOP en LABView

La estructura Case Structures se realiza con los siguientes pasos >> click derecho sobre el escritorio de LABView >> Structures >> Case Structures

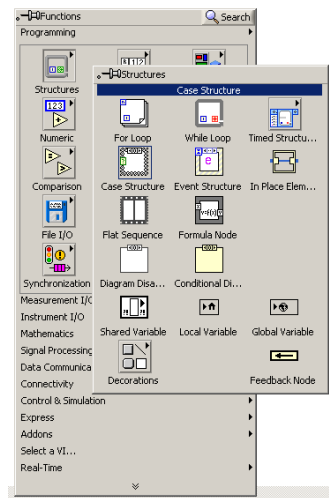


Figura 56. Generar estructura CASE STRUCTURES en LABView

La estructura Flat Sequence Structures se realiza con los siguientes pasos >> click derecho sobre el escritorio de LABView >> Structures >> Flat Sequence Structures

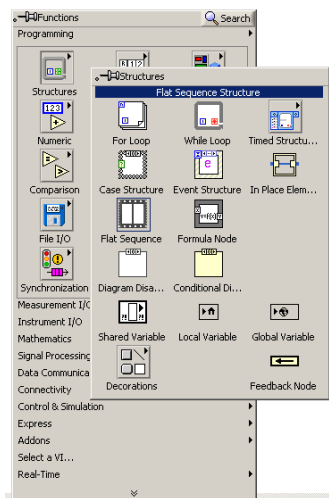


Figura 57. Generar estructura FLAT SEQUENCE STRUCTURES en LABView

El programa emplea un bloque de sentencia WHILE dentro de LABView dada la necesidad de ejecución del programa de manera continua, este declara un indicador o testigo que dictamina la condición de parada en esta estructura como lo muestra la

figura 58. El bloque de Funciones de estructuras de sentencias para el movimiento de las piezas contiene la estructura de Timed Loop encargada de la sincronización entre LABView y SolidWorks.

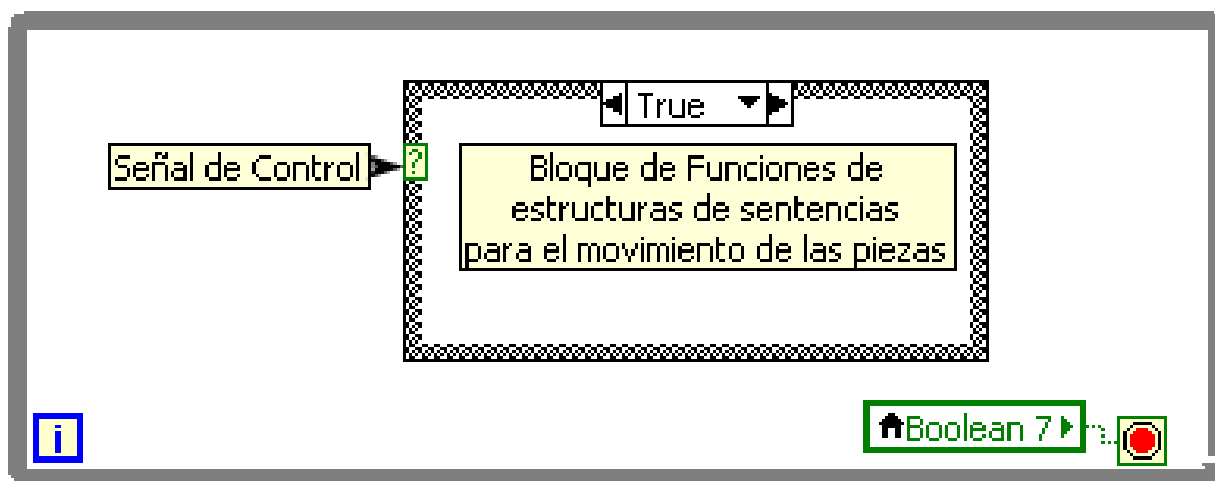


Figura 58. Diagrama de bloques para desarrollo de algoritmo

El programa implementa la estructura Flat Sequence Structures para desarrollar las tareas de movimiento de piezas al origen o 90° grados y la inicialización o incrementación del contador; esta estructura está presente en el estado true y false del bloque de Funciones de estructuras de sentencias para el movimiento de las piezas.

3.2.5.1 Control ON

Al superar el umbral establecido la estructura Case Structures toma el estado true y cumple las tareas en el Flat Sequence Structures, movimiento de piezas a 90° grados y compara el valor que contiene el contador de ser igual a 2 este inicializa el contador a cero como lo muestra en la figura 59.

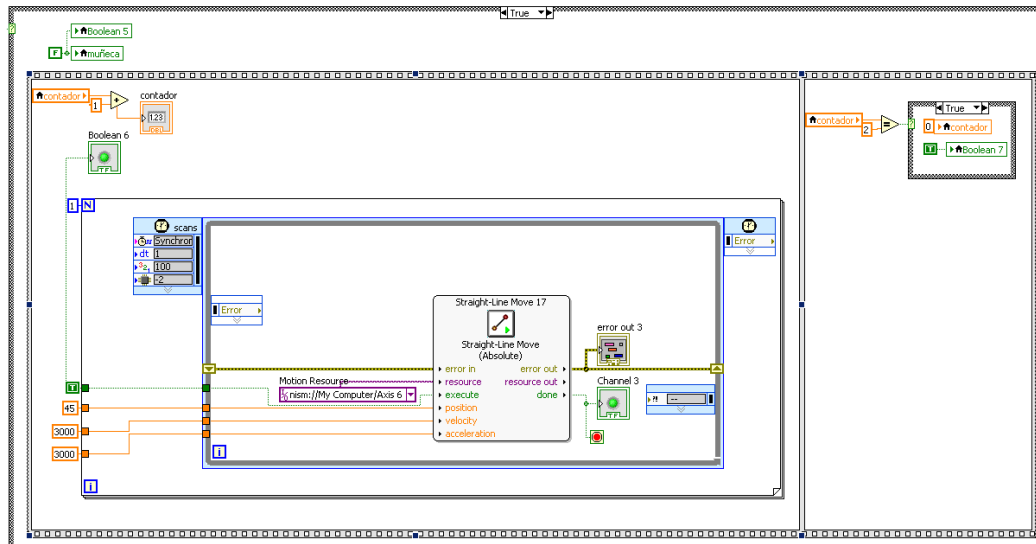
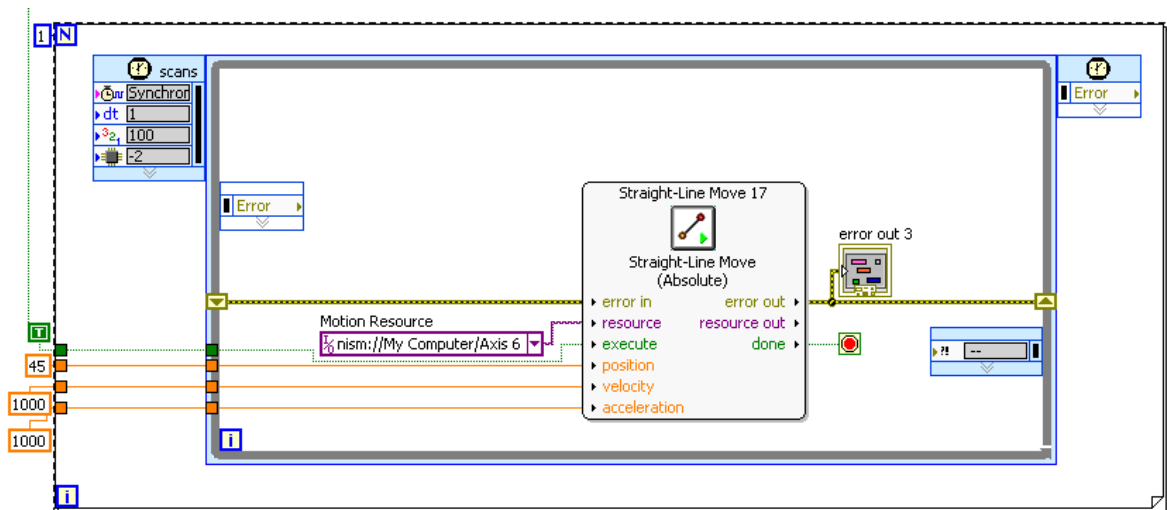


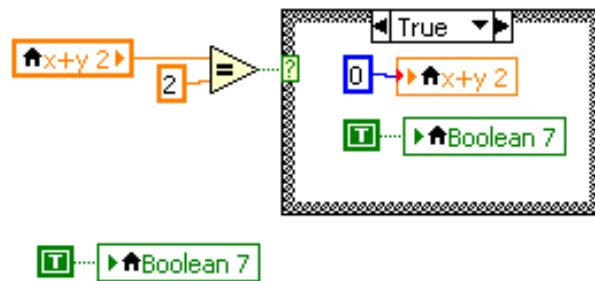
Figura 59. Estructura de movimiento de pieza a 90° grados

La estructura de movimiento de pieza cuenta con Structure Timed Loop anida en Flat Sequence, y dentro de esta un diagrama de movimiento llamado Straight Line Move configurado como se menciona en el inicio de este capítulo, con una constante de posición y aceleración igual a 3000 ms y una posición de 45° (Muñeca) o 90°(Dedos y dedo gordo).

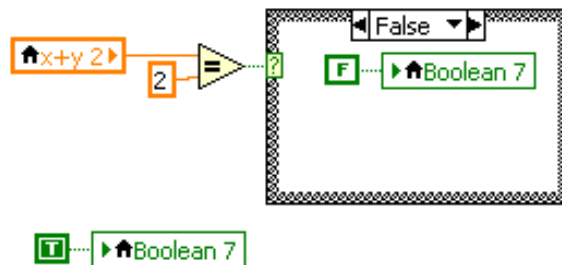


(a)

El segundo segmento de Flat Sequence compara el valor presente en el contador con una constante fija igual a 2, si esta cumple reinicia el contador a cero como se observa en la figura 61. En caso de no cumplir activada un indicador visual.



(a)



(b)

(a) Estado TRUE (b) Estado FALSE

Figura 61. Estructura de comparación de contador

3.2.5.2 Control OFF

Al no superar el umbral establecido la estructura Case Structures toma el estado false, realiza la comparación del valor presente en la variable contador si esta cumple las

tareas en el Flat Sequence Structures, movimiento de piezas a posición de origen.
Figura 62.

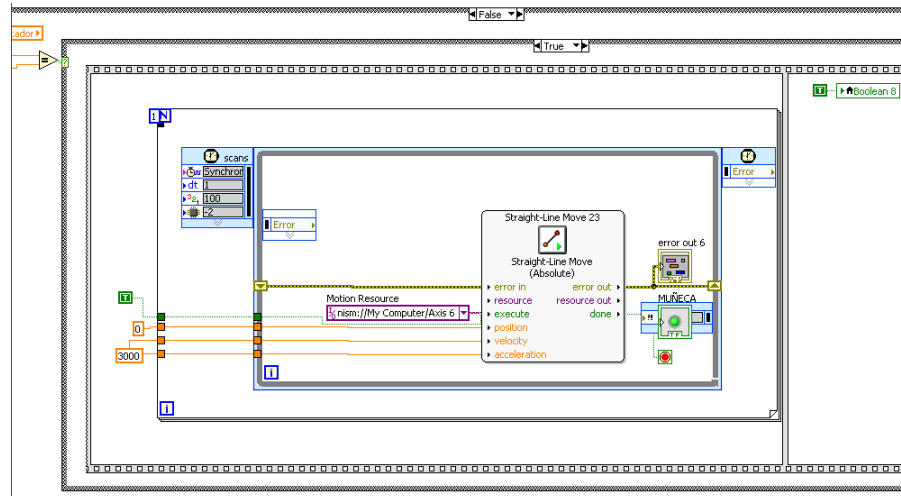
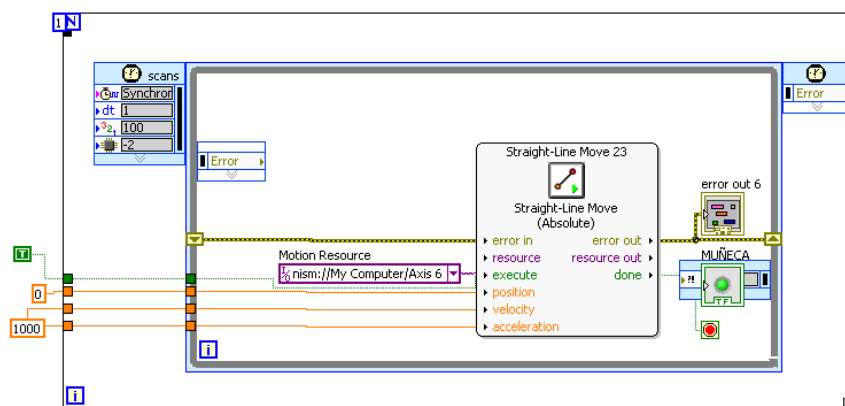
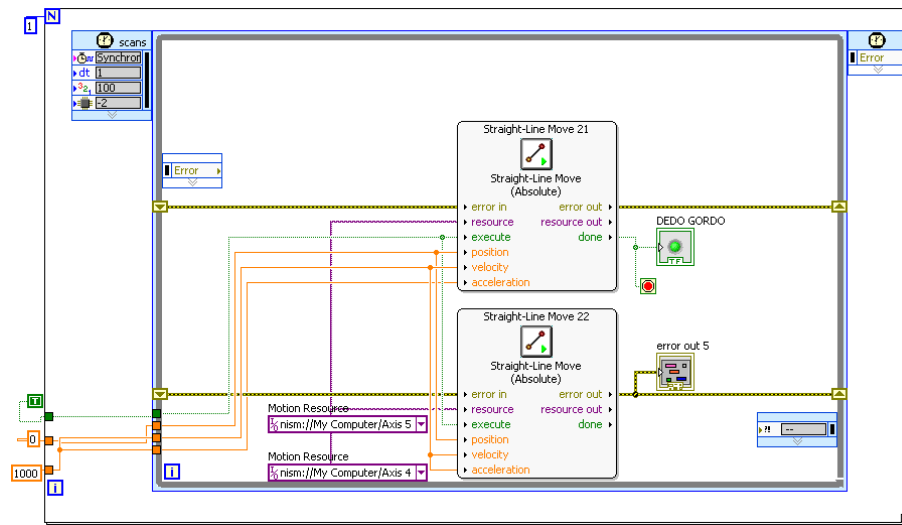


Figura 62. Estructura de movimiento de pieza a posición de origen

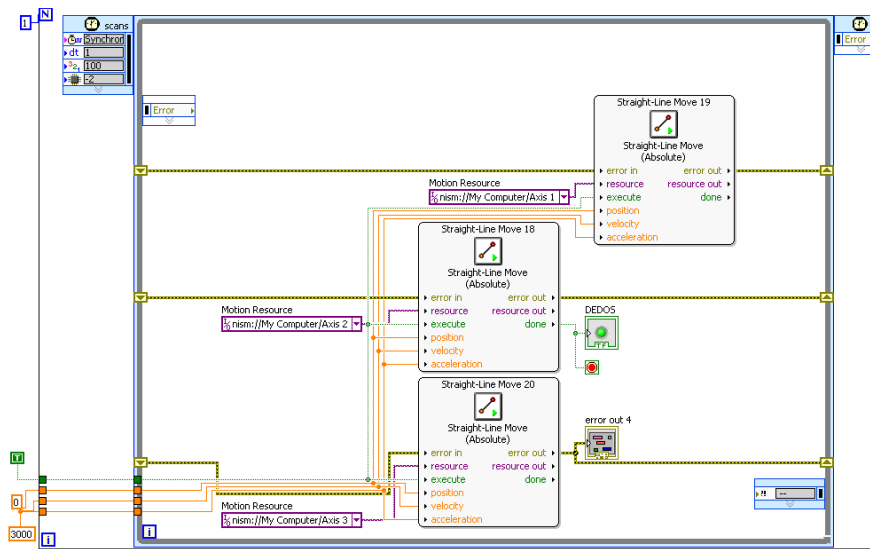
La estructura de movimiento de pieza a posición de origen cuenta con Structure Timed Loop anida en Flat Sequence, y dentro de esta un diagrama de movimiento llamado Straight Line Move configurado como se menciona en el inicio de este capítulo, con una constante de posición y aceleración igual a 1000 ms y una posición de 0° (Muñeca, dedos y dedo gordo).



(a)



(b)



(c)

(a) Straight Line Move Muñeca; (b) Straight Line Move Dedo Gordo; (c) Straight Line Move Dedos

Figura 63. Estructura Timed Loop empleando Straight Line Move para movimiento de pieza a posición de origen

El segundo segmento de Flat Sequence activada un indicador visual de finalización de proceso. Figura 64.

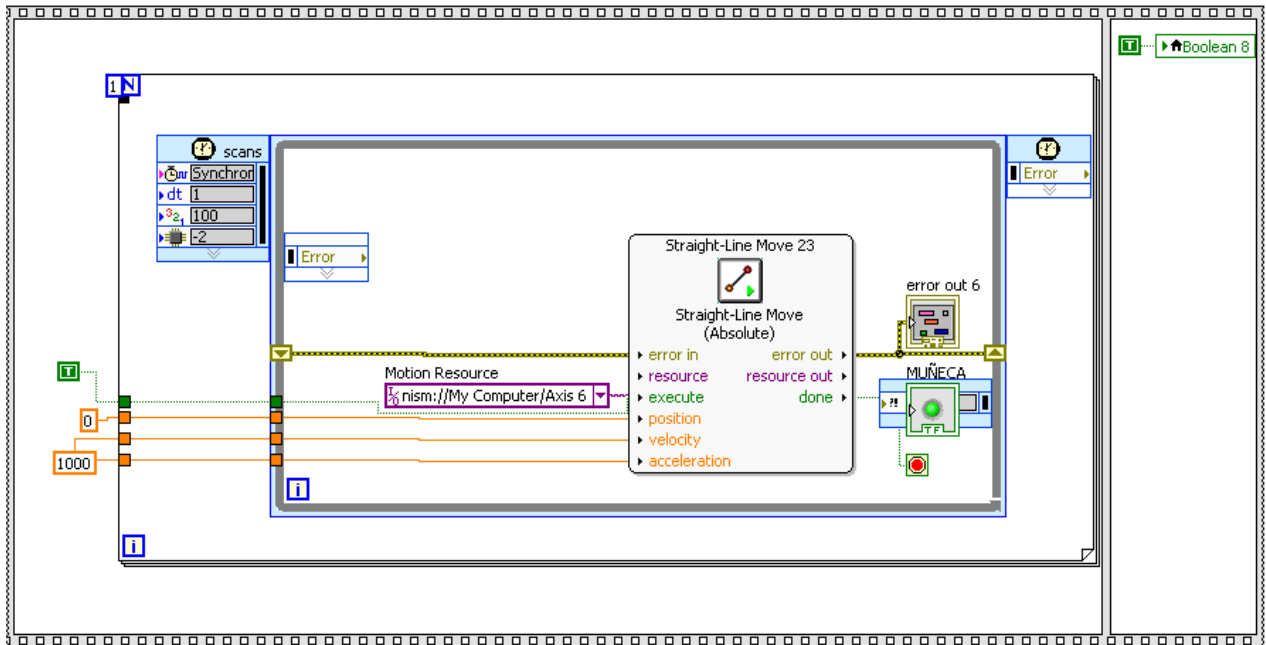


Figura 64. Segundo segmento de Flat Sequence

3.2.6 Diseño Prótesis de mano SolidWorks

El diseño de la simulación de prótesis de mano en un software de ambiente CAD SolidWork, se realiza en cuatro etapas dedos, palma, muñón y una última de ensamble de las tres.

3.2.6.1 Diseño de dedos

El diseño del dedo tiene la proporción entre falanges propias de los dedos de nuestra mano como lo muestra la figura 65



Figura 65. Dedos sujeto de prueba

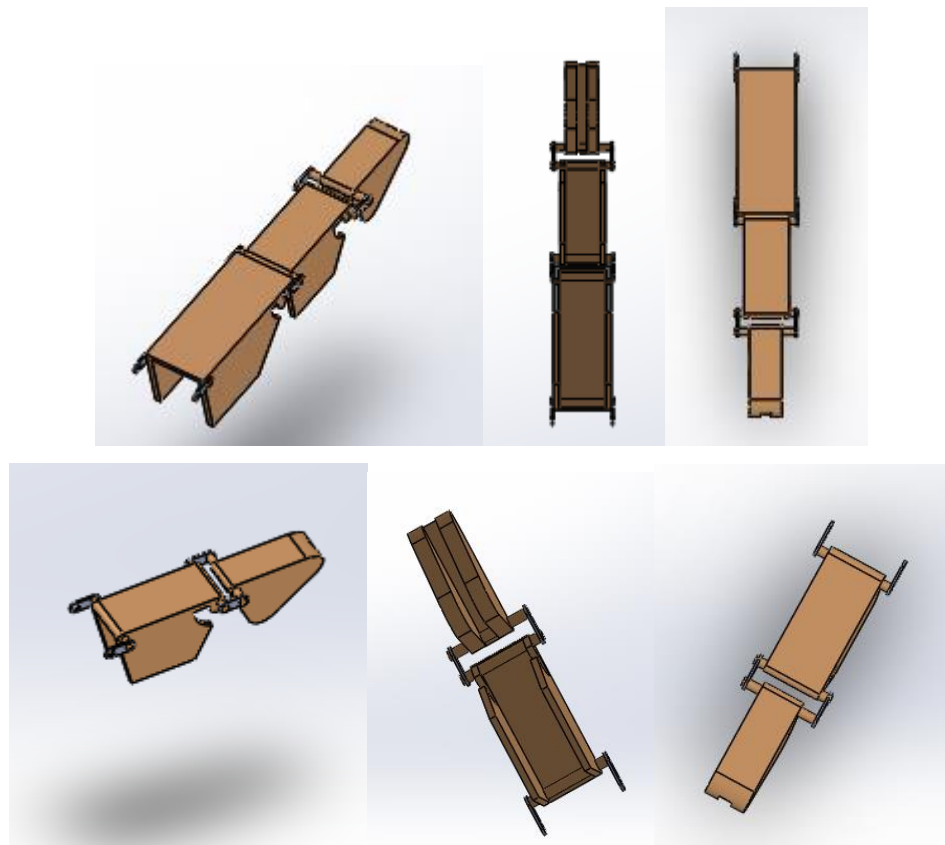


Figura 66. Plano de vistas de dedos SolidWorks

El diseño del dedo tiene la relación entre el grado de rotación de una falange con respecto a la horizontal de la falange más próxima a esta, el cual no puede ser superior a los 90° de libertad; adicional a esta consideración se tuvo en cuenta que al cerrar cada falange estas debían reposar en el interior de la otra y verificando mediante un estudio de colisión el correcto funcionamiento de las piezas buscando evidenciar posibles colisiones entre distintas piezas, mediante el estudio se evidencio que se debe respetar una relación de distancia entre pieza y pieza al momento de su cierre de 2mm con una cavidad que permitiera la rotación del eje encargado del movimiento a la falange sin ocasionar colisión con la pieza de la otra falange.

3.2.6.2 Diseño de palma

El diseño de la palma tiene la proporción de la palma propia de nuestra mano como lo muestra la figura 67.



Figura 67 Palma de la mano sujeto de prueba

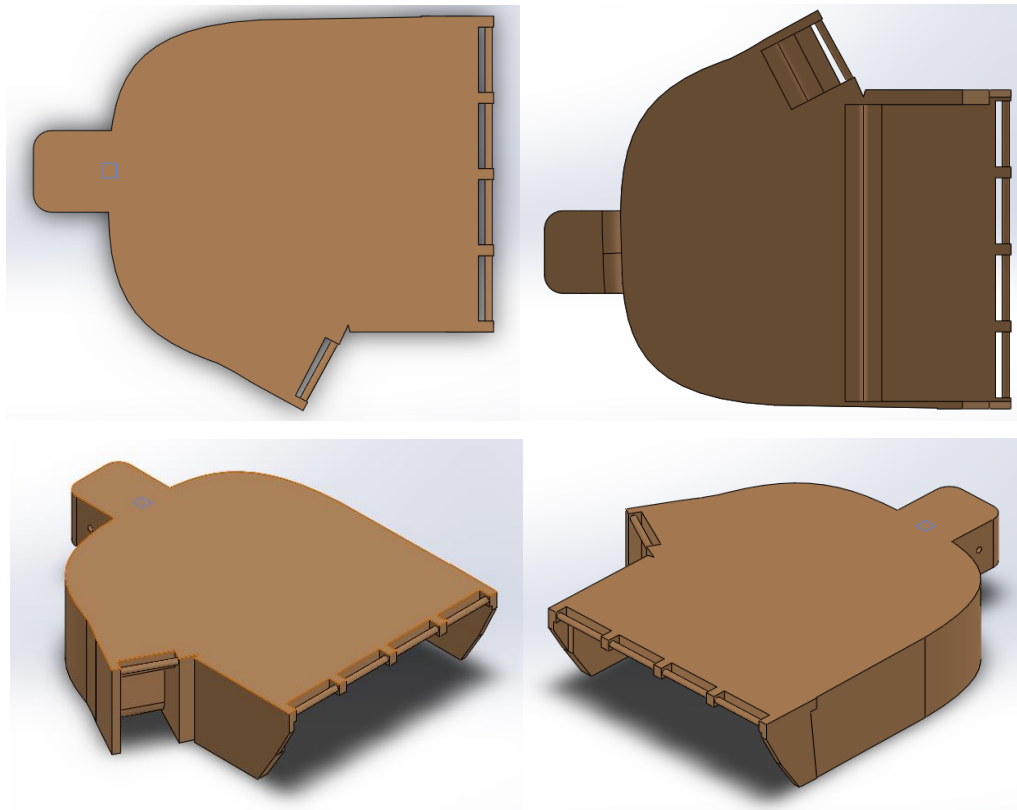


Figura 68. Plano de vistas de palma de mano SolidWorks

El diseño de la palma tiene la relación entre el grado de rotación de la última falange con respecto a la horizontal de la palma, el cual no puede ser superior a los 90° de libertad; adicional a esta consideración se tuvo en cuenta que al cerrar cada falange estas debían reposar en el interior de la otra y que al estar cerradas las tres falanges estas debían ingresar en la palma verificado mediante un estudio de colisión de movimiento el correcto funcionamiento de las piezas buscando evidenciar posibles colisiones entre las distintas piezas, mediante este se pudo evidencio la necesidad de una cavidad que permitiera la rotación del eje encargado del movimiento de la falange sin ocasionar colisión con la pieza de la palma.

3.2.6.3 Diseño muñeca

El diseño de la muñeca se toma en cuenta la proporción del muñón propia de nuestra mano como lo muestra la figura 69.



Figura 69. Muñeca sujeto de prueba

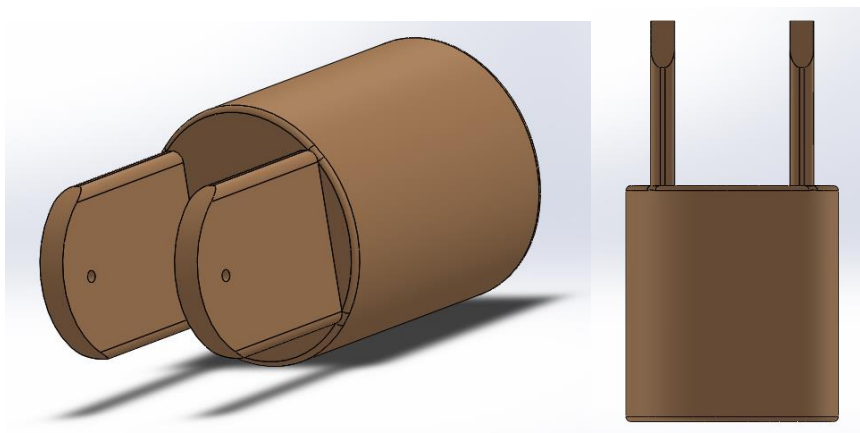


Figura 70. Plano de vistas de muñeca SolidWorks

El diseño del muñeca se emplea la relación entre el grado de rotación de la última palma con respecto a la horizontal del muñeca, el cual no puede ser superior a los 45° y -45° de libertad, verificado mediante un estudio de colisión de movimiento el correcto funcionamiento de las piezas se busca evidenciar posibles colisiones entre las distintas piezas, mediante este se pudo evidenciar la necesidad de una cavidad que permitiera la rotación del eje encargado del movimiento de la falange sin ocasionar colisión con la pieza de la palma.

3.2.7 Estudio de Movimiento

Un “estudio de movimiento” es una simulación gráfica de movimiento para modelos de ensamblaje. Se puede incorporar en un estudio de movimiento propiedades visuales, como iluminación y perspectiva de la cámara.

Los estudios de movimiento no modifican un modelo de ensamblaje ni sus propiedades sino simulan y realizan la animación de un modelo. (Oviedo)

Se pueden emplear relaciones de posición en SolidWorks para generar restricción en el movimiento de componentes de un ensamblaje al modelar movimiento. Con todas las relaciones mecánicas y de posición definidas se podrá realizar un estudio de movimiento.

Ubicada en la parte inferior de la pantalla dentro de SolidWorks se encuentran dos pestañas, “Modelo” (Área de trabajo donde se realizó el ensamble) y “Estudio de Movimiento”(Área de simulación). Dando clic en esta pestaña y aparecerá una serie de herramientas y una línea de tiempo como se muestra la figura 71.

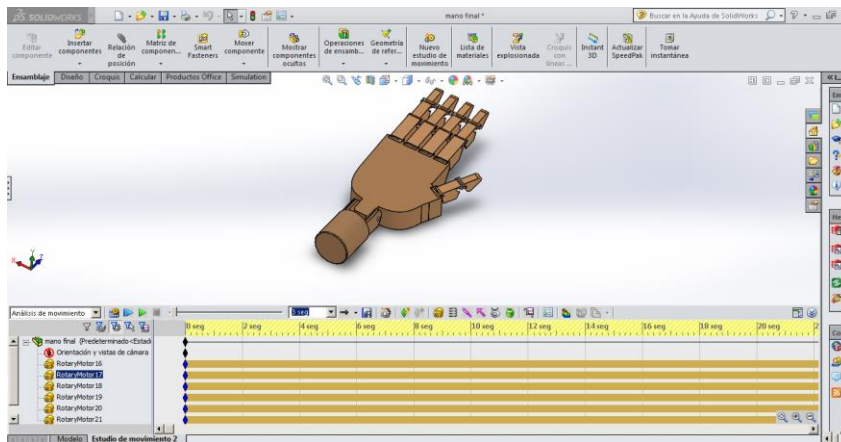


Figura. 71 Estudio de movimiento SolidWork

Un estudio de movimiento alberga tres tipos de herramientas; animación, movimiento básico y análisis de movimiento. Para llevar a cabo la conexión entre LABView es necesario emplear análisis de movimiento o nos arrojará un error de conectividad como lo muestra la figura 72.

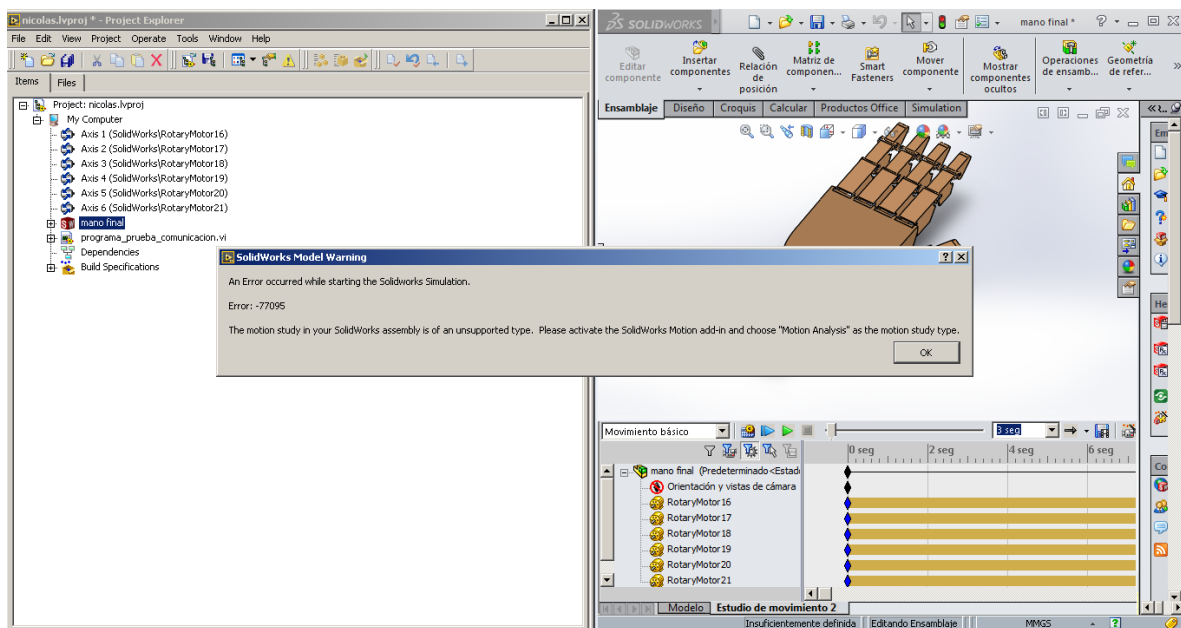
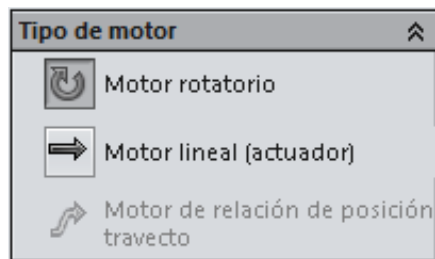


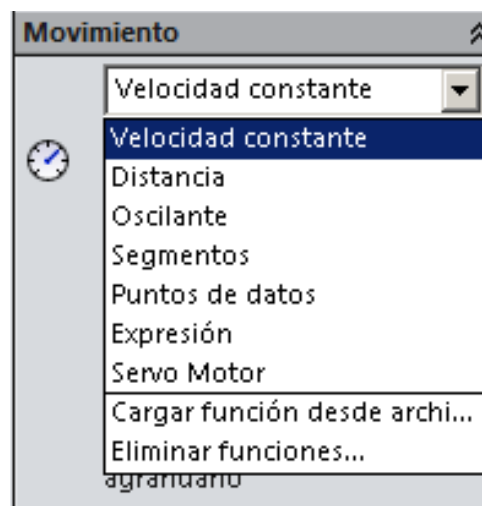
Figura 72. Error de conectividad entre LABview y SolidWorks

Un estudio de movimientos realiza una simulación del modelo mediante la inserción de motores lineales o rotacionales. Un motor rotacional basa su movimiento en; tener una velocidad constante, una distancia atada a un tiempo de recorrido, un recorrido atado a la frecuencia de una onda, a segmentos de señales, entre algunos otros.

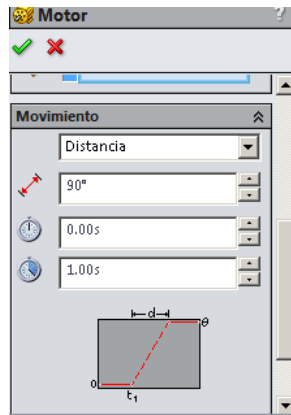
Para realizar pruebas de colisión entre piezas, debe insertar motores rotativos por distancia debido a que este es el tipo de motor que LABView indica; y se ajustan los parámetros de grados de acuerdo a la relación que se tenga entre esta pieza y una pieza continua o posterior a esta, para este caso 90° y se determina el tiempo que se desea que tarde en llegar desde el punto de origen a la distancia en grados escogía para este movimiento.



(a)



(b)



(c)

(a) Tipos de motores ,(b) Tipos de movimiento MOTOR ROTATIVO y (c)
Distancia y tiempo del Movimiento

Figura 73. Configuración de motores en estudio de movimiento

Cada eje de flexión o pieza que tenga un eje de movimiento en nuestro modelo debe tener un motor que proporcione el movimiento o una relación de posición a una pieza que ya posea uno y deba realizar el mismo movimiento. Para este modelo de simulación es necesario emplear 6 motores; uno ubicado en el eje de rotación de la muñeca, dos en los ejes de rotación del dedo gordo y los tres restantes en el dedo índice y dándole una relación de posición a los dedos anular, corazón y meñique respecto al movimiento del dedo índice.

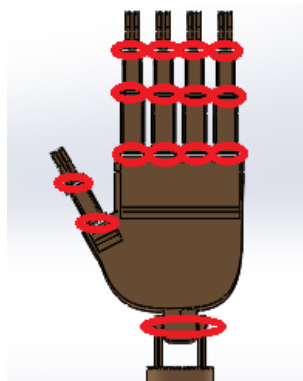


Figura 74. Ejes de movimiento presentes en la mano

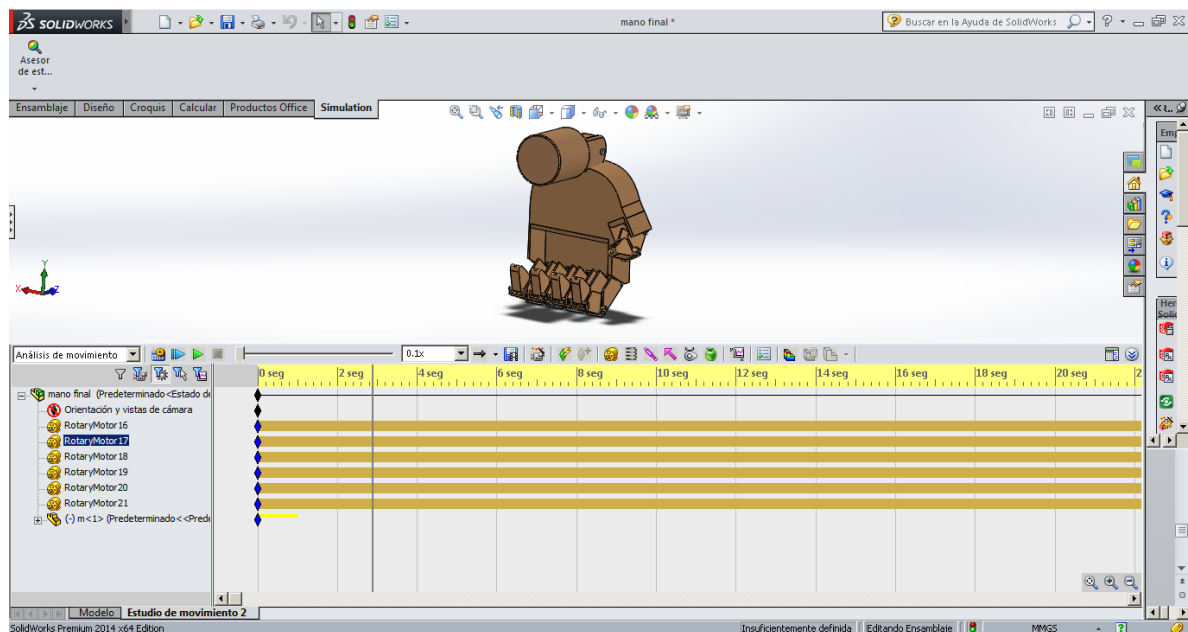



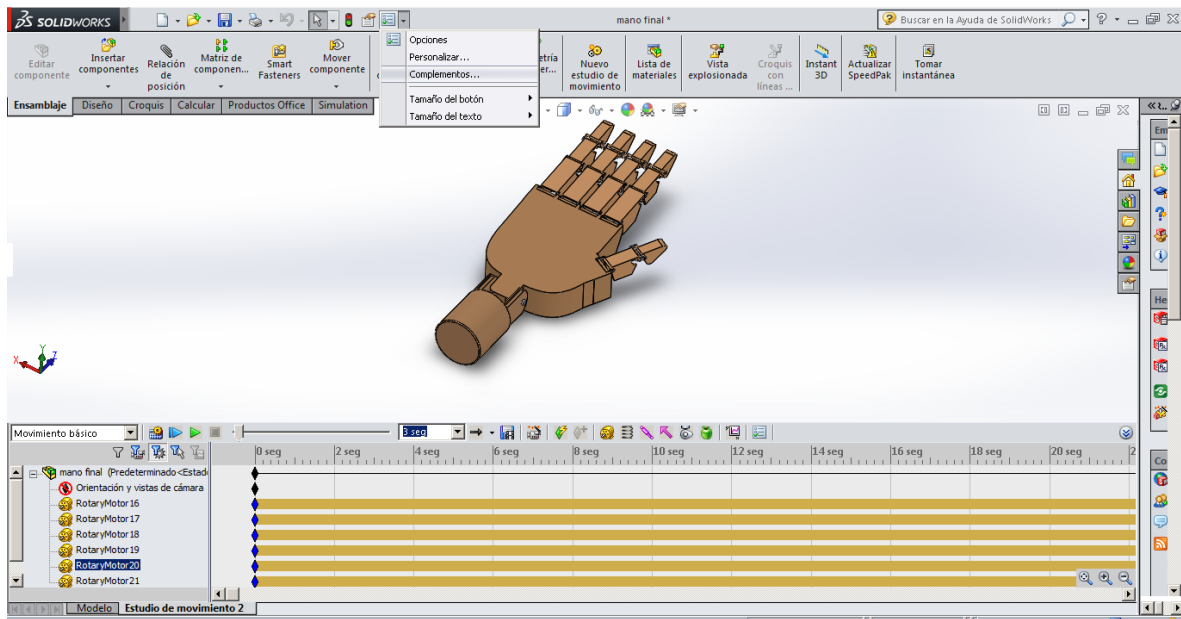
Figura 75. Simulación de colisión y movimiento de piezas

3.2.8 Comunicación SolidWork – LABView

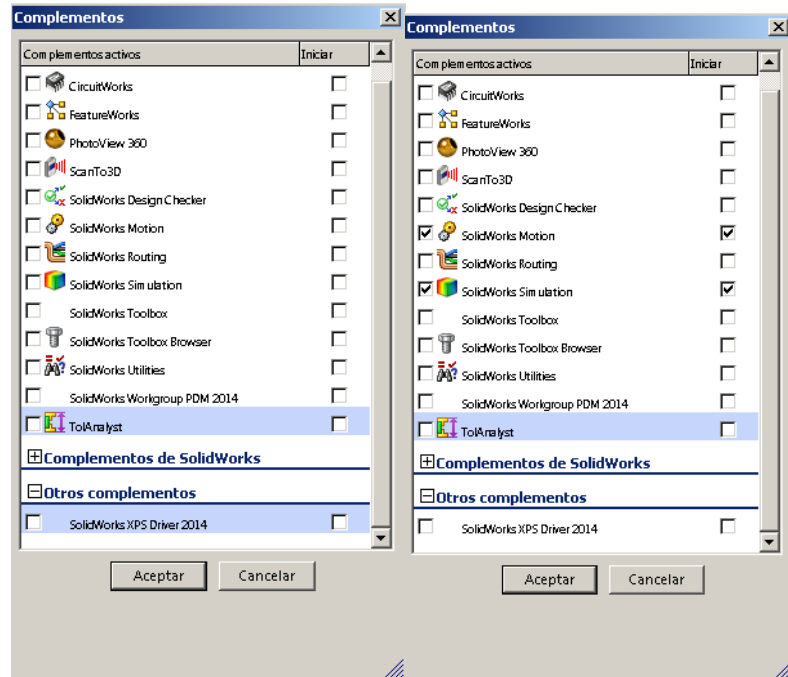
La comunicación del software LABView y SolidWork es lograda mediante la instalación de todos los complementos mencionados en el enciso 2.5 CARACTERISTICAS DE SOFTWARE.

3.2.8.1 Configuración de comunicación SolidWork.

En la parte superior de la pantalla de SolidWork se encuentra el icono de opciones  dando click, se despliega un menú de opciones escogiendo la opción de complementos se deben activar las casillas correspondientes a SolidWorks Motion y SolidWorks Simulación y dar aceptar para guardar los cambios para este modelo como se aprecia en la figura 76.



(a)



(b)

(a) Ruta complemento, (b) Activación de complementos
 Figura 76. Configuración complementos de SolidWork

3.2.8.2 Configuración de comunicación LABView

Realice las siguientes instrucciones para cargar el proyecto de la GUI en LABView y conectarlo con la simulación en SolidWork, para realizar esta secuencia el archivo del modelo de SolidWorks debe encontrarse abierto o presentara error la sincronización de ambos software generando el cierre del proyecto en LABView.

(a) Create New Project

(b) Black Project

Dando click derecho sobre My Computer se realizó la siguiente secuencia de instrucciones:

(c) Add>>file

(d)Browse>>Buscar la ruta del archivo VI “Programa_final”y aceptar

(e)New>>SolidWorks Assembly

(f)Browse>>Buscar la ruta del archivo assembler “mano_final”y aceptar

(g)New>>SoftMotion Axis

(h)Add New Axis “Adicionamos todas los motores presentes en el estudio de movimiento”>>Aceptar

(i)Sobre cada Axis agregada>>click derecho>>properties

(j)Activamos la casilla Enable Drive On Transition to Active Mode>>Aceptar “Este procedimiento debe realizarse con todas las Axis agregadas para el proyecto”

(k)My Computer>>Properties

(l)Activamos la casilla Start Scan Engine on Deploy>>Aceptar

Sobre el archivo de Assembler adicionado al proyecto

(m)Click derecho>>Properties

(n)En el recuadro Maximum Step Size adicionamos el valor 0.001>>Aceptar

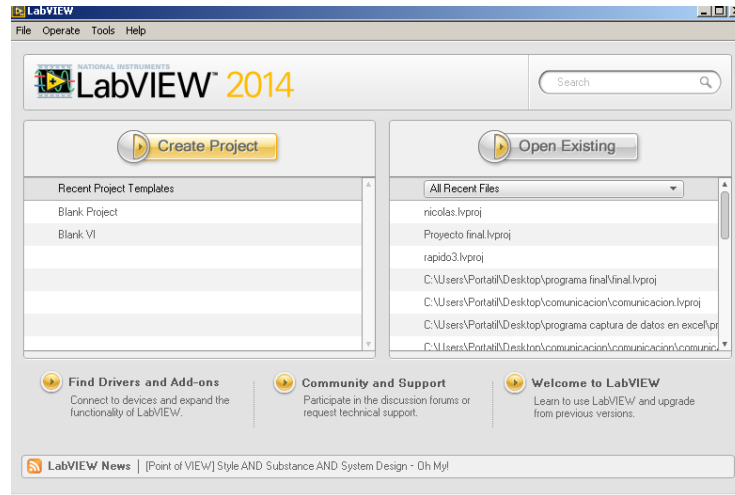
(o)Click derecho>>Synchronize to Assembly

(p)Seleccionamos todos las Axis, my computer y el archivo Assembler>>Click derecho>>Deploy

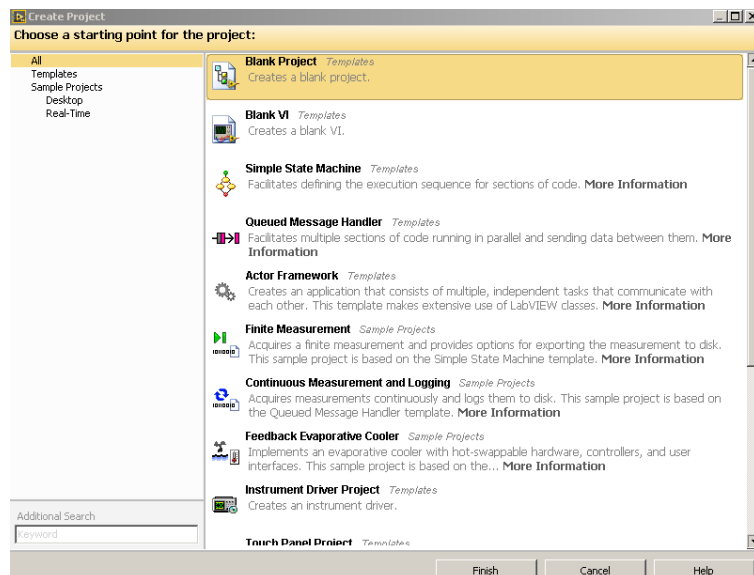
(q)Marcamos la opcion Switch to Configuration, then switch to>>Aceptar

(r)Click derecho>>Strat Simulation

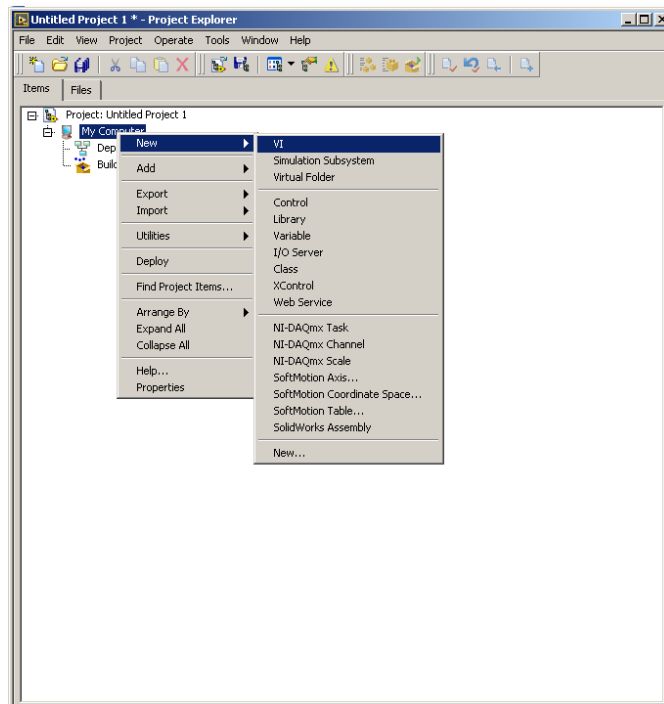
(s)Comprobacion de simulacion sincronizada



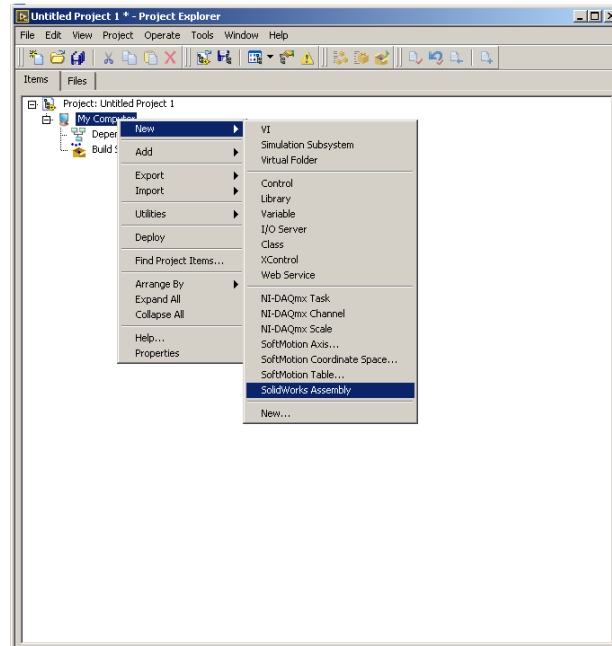
(a)



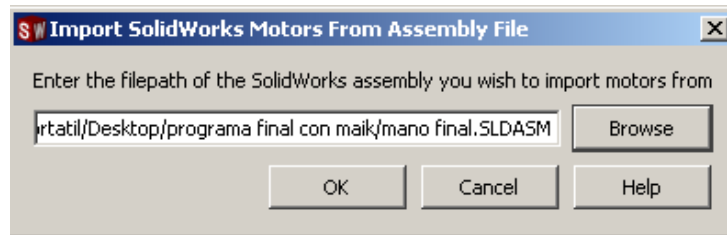
(b)



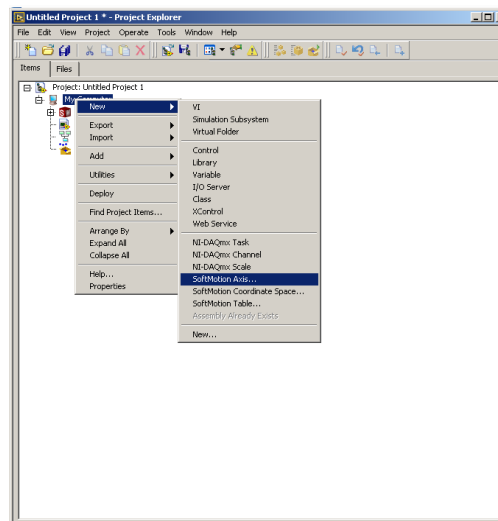
(c)



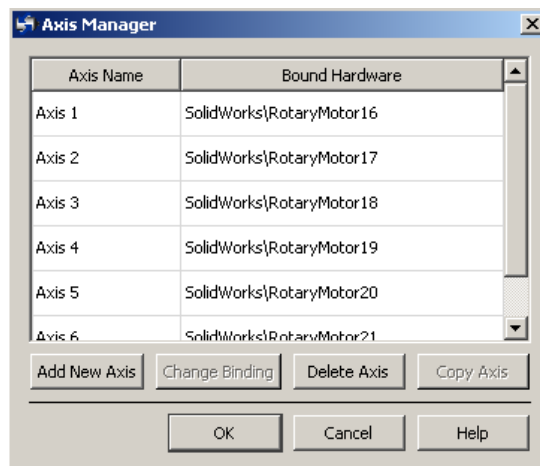
(e)



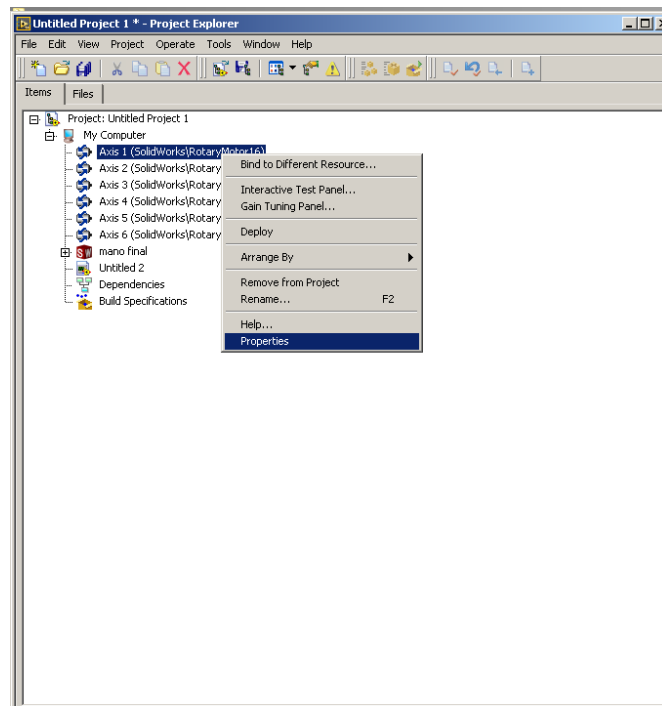
(f)



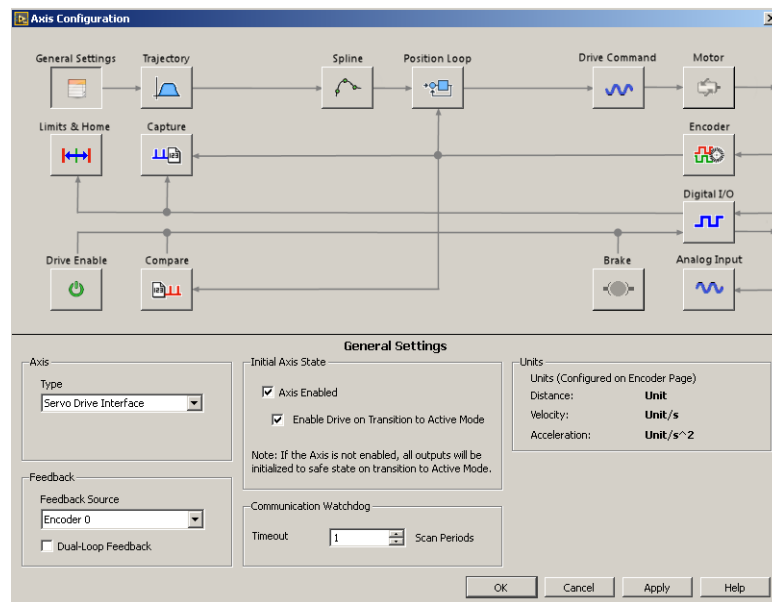
(g)



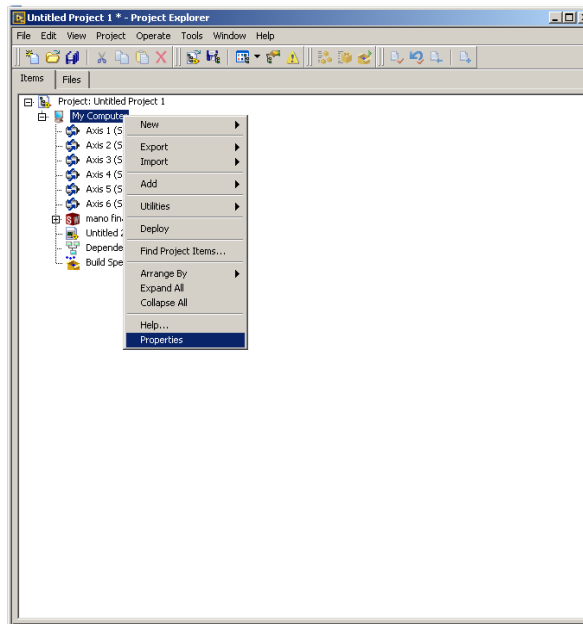
(h)



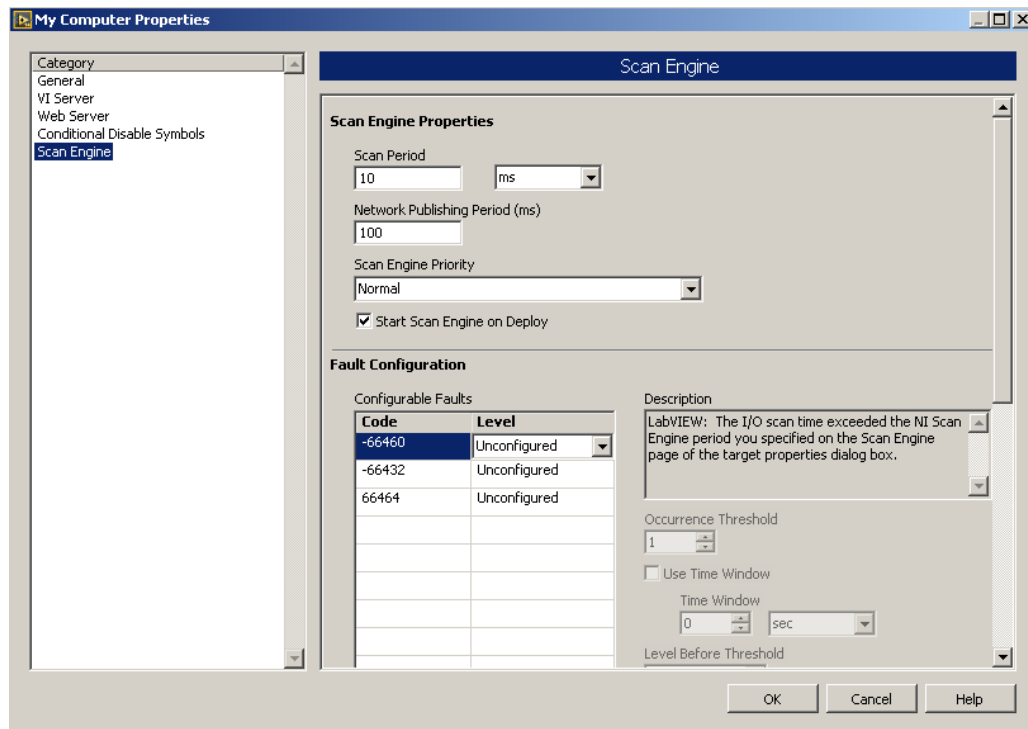
(i)



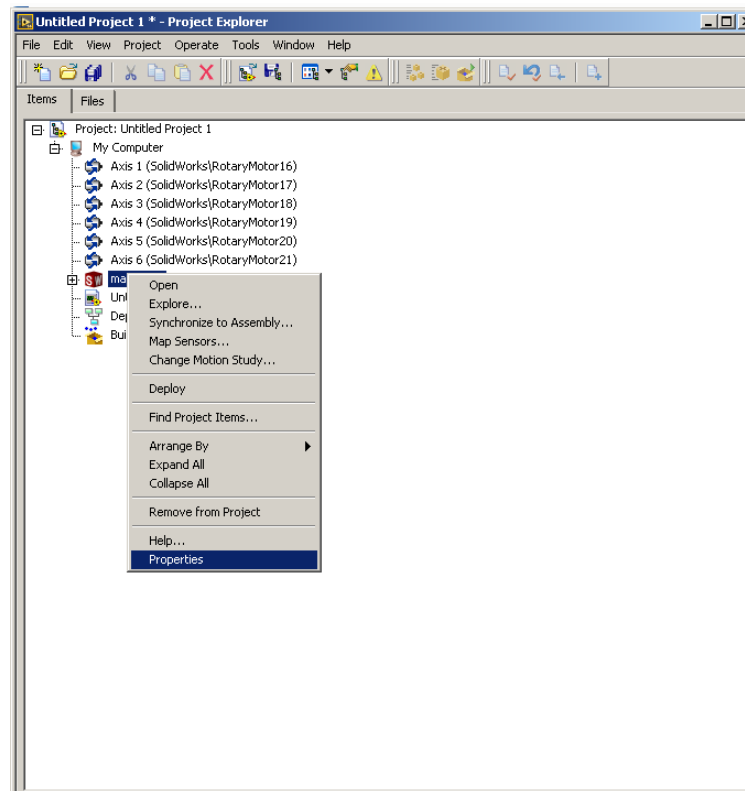
(j)



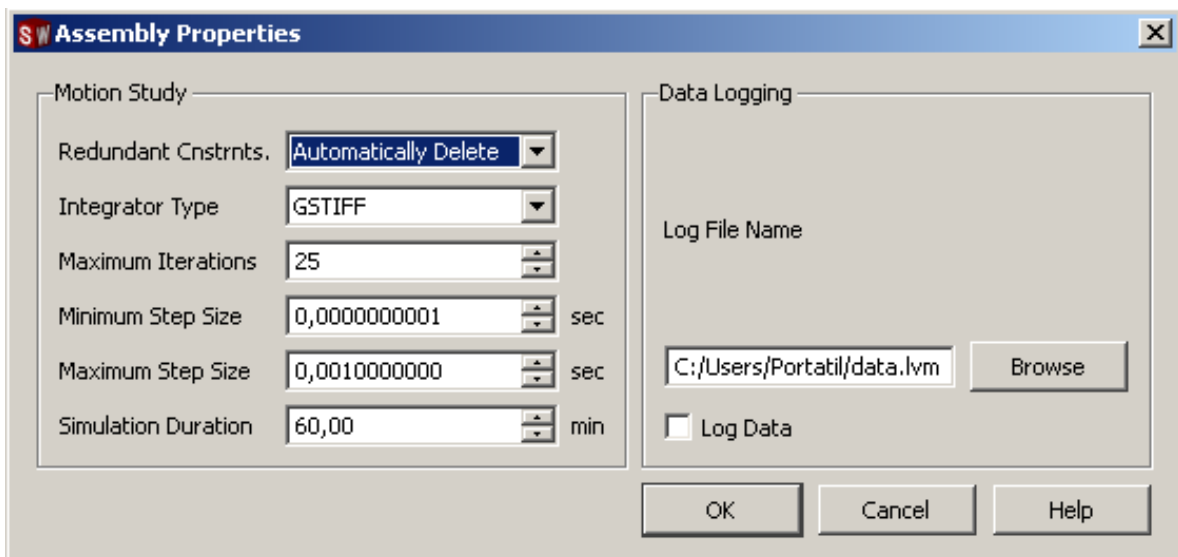
(k)



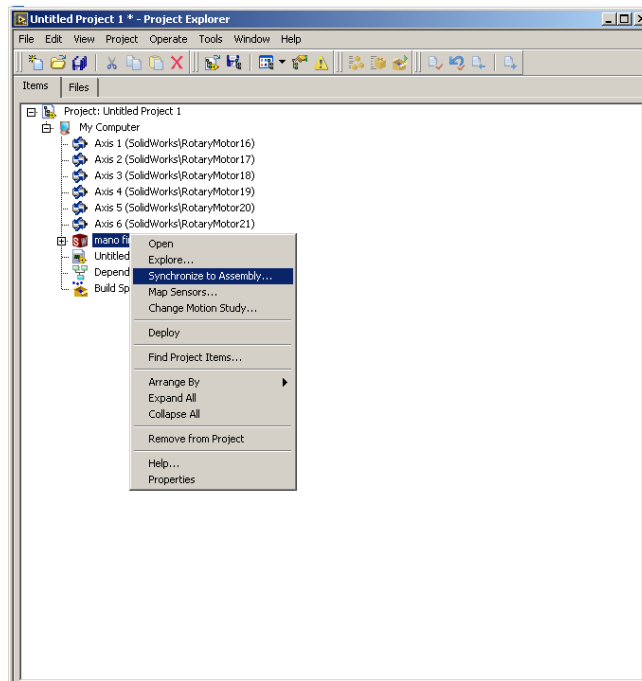
(l)



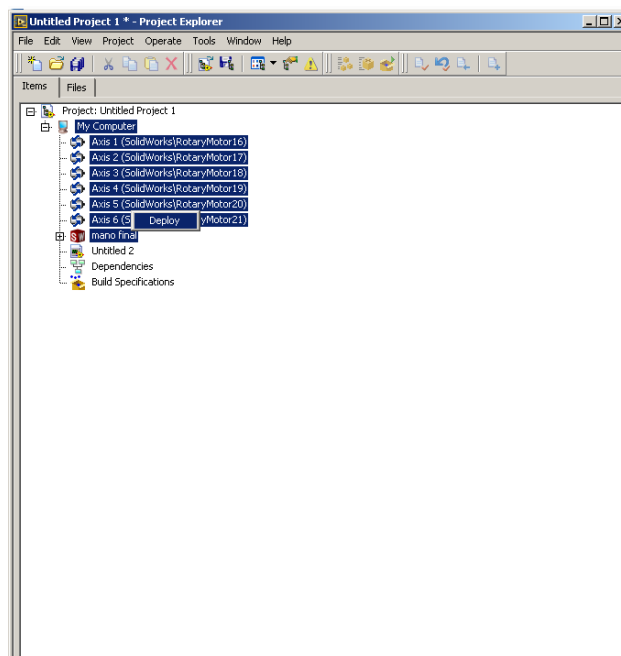
(m)



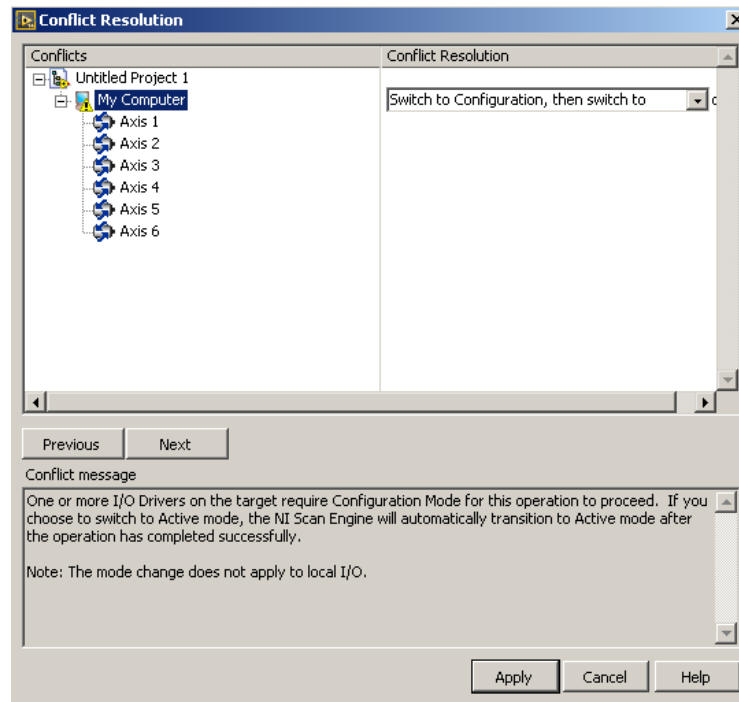
(n)



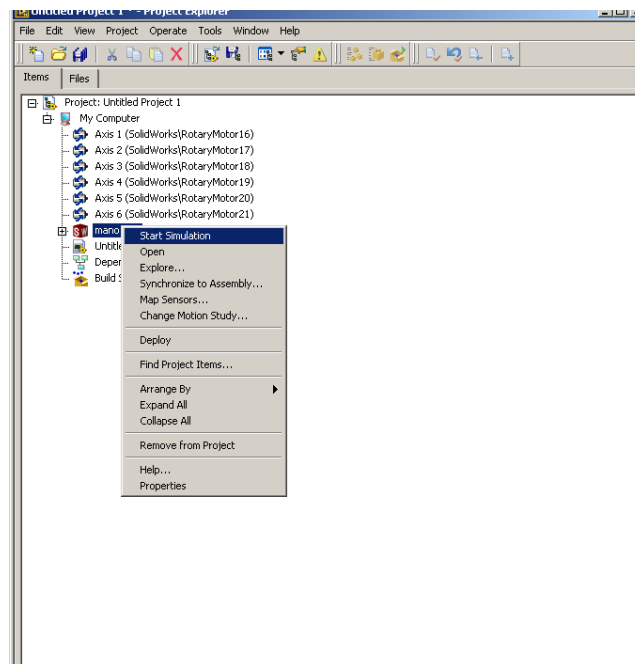
(o)



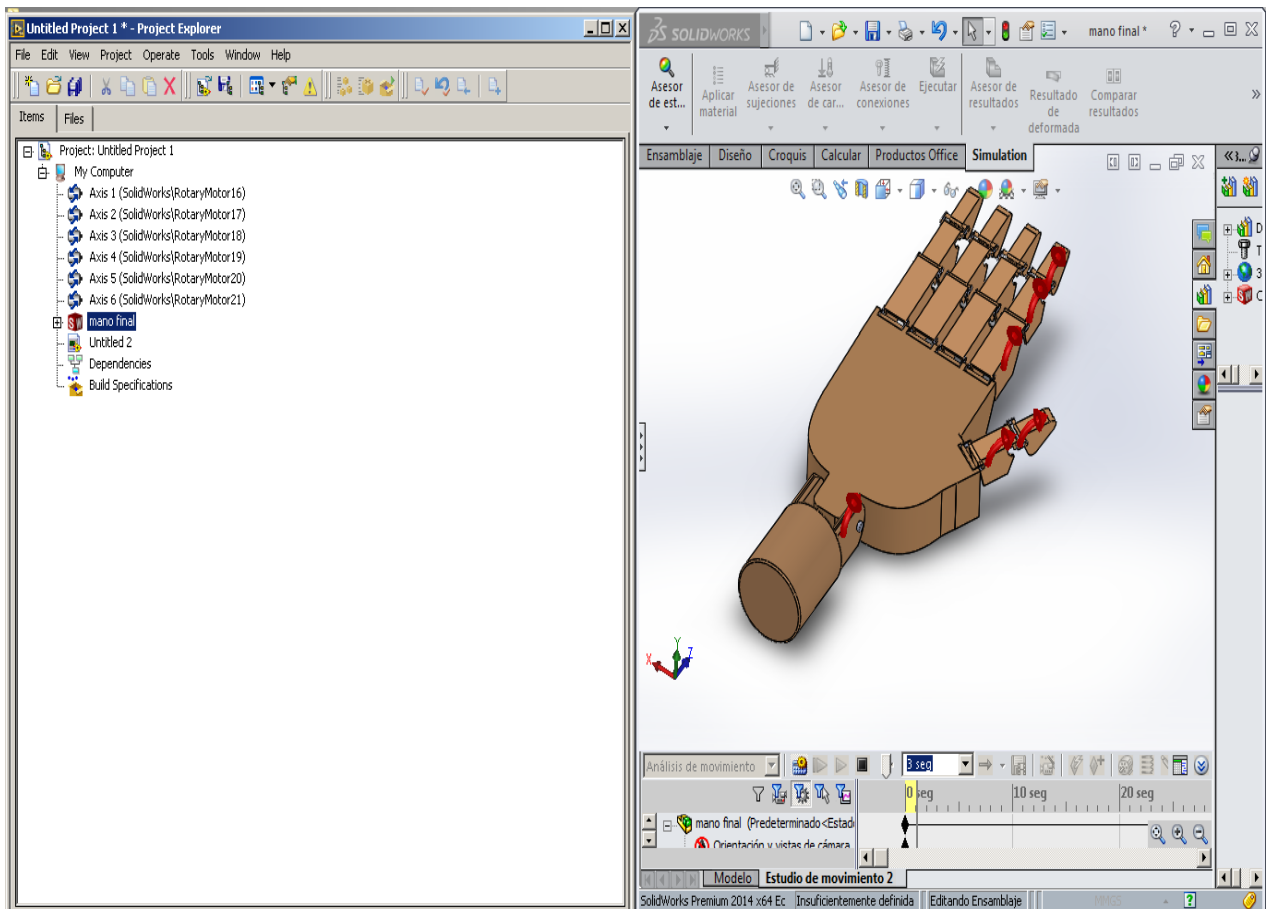
(p)



(q)



(r)



(s)

Figura 77. Configuración de comunicación LABView

CAPITULO 4 PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

De las **tablas Datos de estudio 1, 2 y 3** podemos concluir para cada una de ellas que del sujeto de prueba se puede establecer un voltaje máximo de la señal y piso de ruido; estos dos parámetros divididos entre la ganancia dada a cada canal nos da por resultado el valor real de la señal sin amplificación y apoyándonos en las gráficas del analizador espectral obtenemos una aproximación de las frecuencias de mayor actividad para cada musculo.

Musculo	Rango Frecuencias de trabajo (Hz)	Voltaje Max (mV)	Piso Ruido (uV)
Bicep	15-300	21,7	133,3
Pectoral	15-400	31	179
Trapezio	15-500	2,23	3,72

Tabla 1. Resultado de Caracterización de músculos de estudio

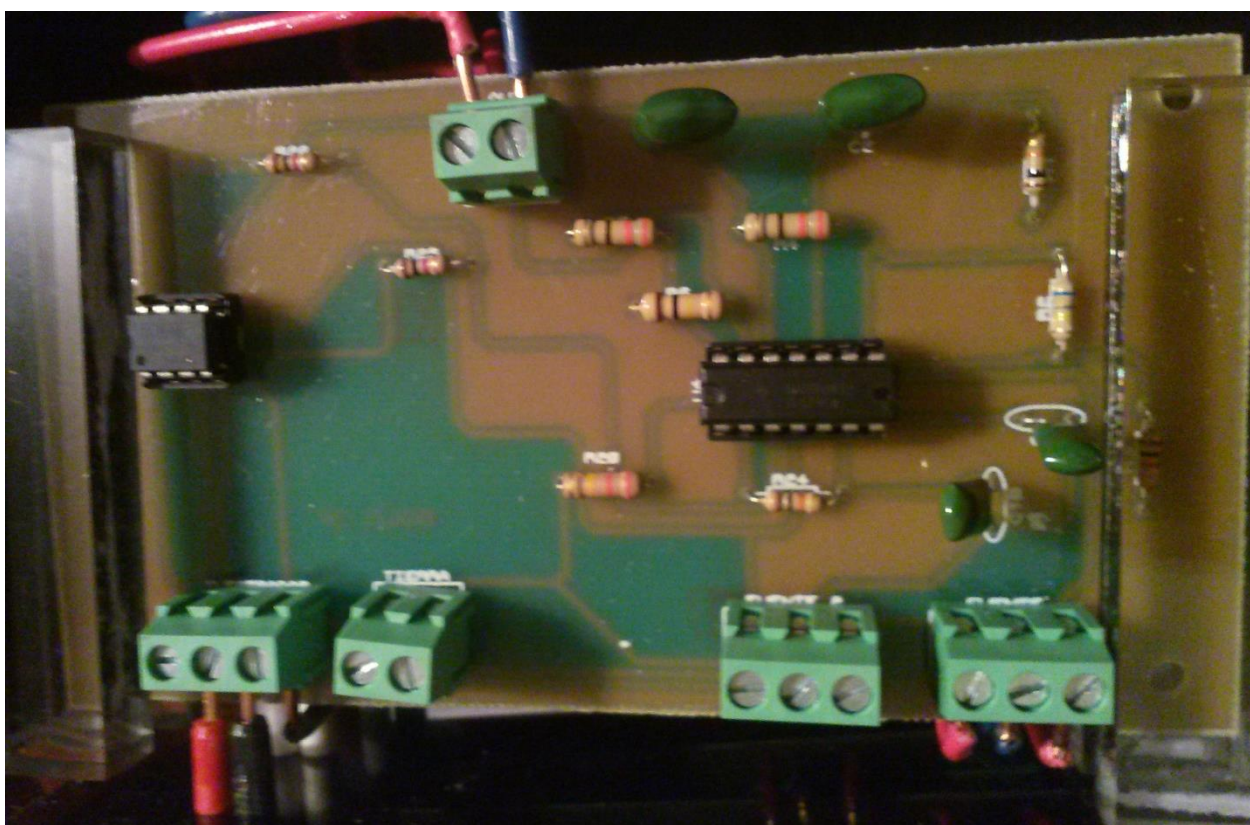


Figura 78. Circuito de acondicionamiento

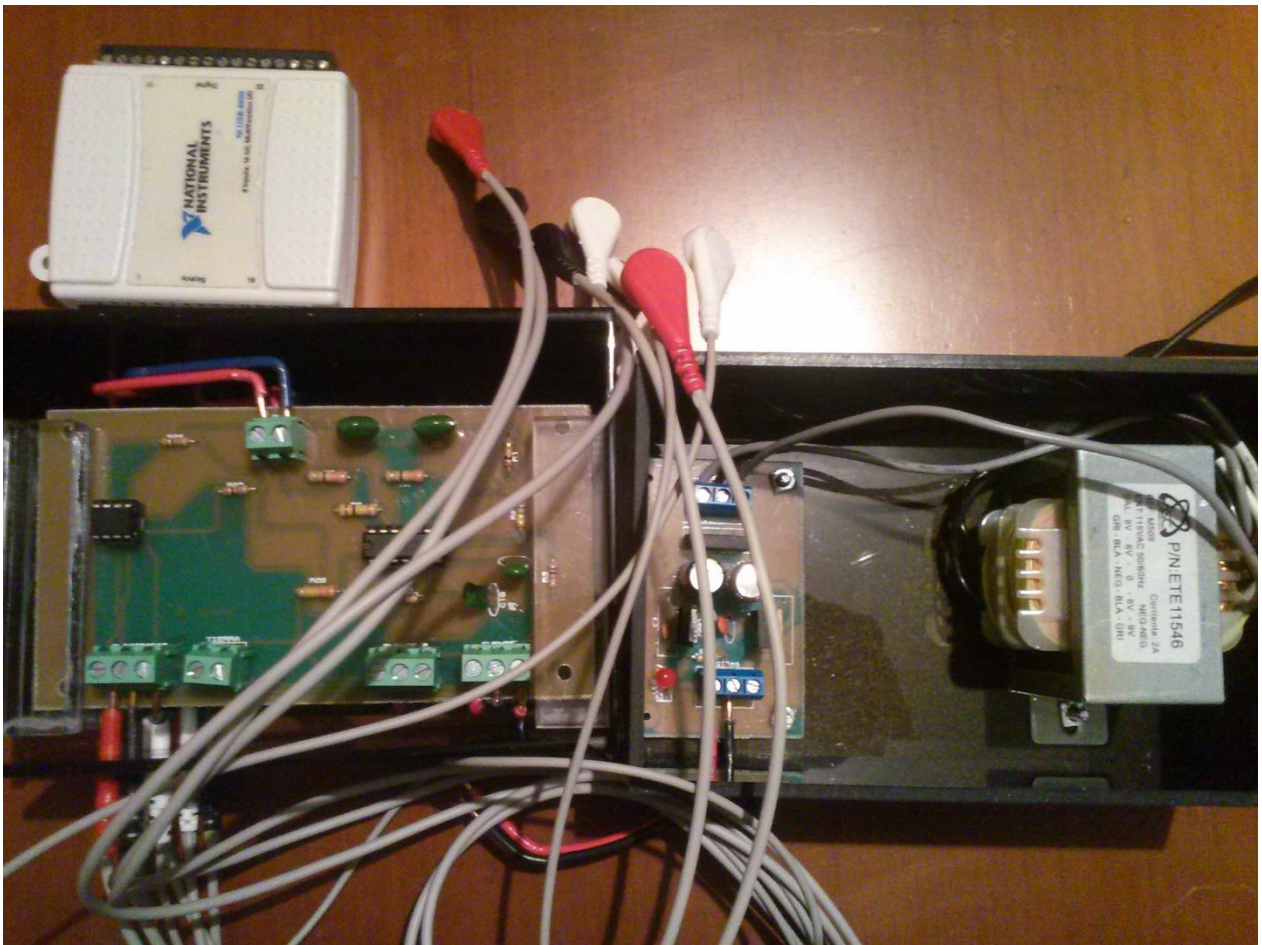


Figura 79. Dispositivo final

CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- No es posible medir repetitividad, aunque las señales provenientes del estímulo del musculo presentan un comportamiento similar entre movimiento y movimiento, al realizar el movimiento repetitivo se observa que la señal puede caer en amplitud o por el contrario conservarla pero tener una menor actividad en el espectro.

- Tomar la señal de un musculo grande con una gran cantidad de fibras y ubicando ambos electrodos en puntos centrales del musculo garantizan una señal clara y fuerte.
- Los electrodos utilizados para EMG son sensibles a la recepción de señales, razón por la cual pueden detectar mayor cantidad de ruido, como ruido de la red eléctrica, se implementa filtros embebido en software rechazabanda con frecuencia central de 60Hz.
- Para el diseño de una estructura de prótesis de mano en ambiente CAD se deben tener en cuenta la relación que poseen entre piezas basados en el grado de libertad de estas.

CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA

Cifuentes González, I. A. (Septiembre de 2010). Diseño y construcción de un sistema para la detección de señales electromiográficas. Mérida, Yucatán, México.

Córdova Martínez, A. (1994). Señales mioeléctricas. En A. Córdova Martínez, *Compendio de fisiología para ciencias de la salud* (págs. 42-43). Madrid: Interamericana Mc Graw Hill.

Dalcame. (16 de Marzo de 2015). *Dalcame Grupos de Investigación Biomedica*. Recuperado el 16 de Marzo de 2015, de Dalcame Grupos de Investigación Biomedica: <http://www.dalcame.com/emg.html#.VQb8446G-fA>

Delgado Saa, J., Vallejo, E., & Torres, J. (2007). Diseño y Construcción de un Sistema de. *Fifth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2007)*, (págs. 3-4). México.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2004). *Información estadística de la discapacidad*. Bogotá D.C.: Dirección de censos y demografía .

- Dorador González, J. M., Ríos Murillo, P., Flores Luna, I., & Juárez Mendoza, A. (18 de Enero de 2004). ROBÓTICA Y PRÓTESIS INTELIGENTES. *Revista Digital Universitaria*, 6(1), 4-6.
- Dunlop, G. (2003). A distributed controller for the Canterbury hand. *Professional Engineering Publishing*. London.
- Flores Luna, R. I., & Dorador González, J. M. (2009). DISEÑO DE UNA MANO MECATRÓNICA PARA PRÓTESIS. *MEMORIAS DEL XV CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM* (págs. 2-7). SONORA: SOMIM.
- Gauchía Babé, L. (Julio de 2008). Modelado y simulación HIL (hardware-in-the-loop) de un sistema pila de combustible - batería. Madrid, España.
- Harris, M., & Kyberd, P. (2003). Design and development of a dextrous manipulator. *International Conference on Mechatronics. Professional Engineering Publishing Ltd*, (págs. 627-632). London.
- National Instruments. (10 de Febrero de 2015). *National Instruments*. Recuperado el 11 de Febrero de 2015, de Colombia.ni: [ww.ni.com/labview/softmotion/esa/](http://www.ni.com/labview/softmotion/esa/)
- Orozco Gutiérrez, Á., Betancourt Orozco, G. A., & Giraldo Suárez, E. (2006). Determinación de movimientos a partir de señales electromiográficas utilizando máquinas de soporte vectorial. *Revista Universidad Tecnológica de Pereira*, 2-3.
- Oviedo, U. d. (s.f.). *Universidad de Oviedo*. Recuperado el 19 de Abril de 2015, de Universidad de Oviedo: <http://www.unioviedo.es/DCIF/IMecanica/Motion/ayuda.pdf>
- Pearson. (2009). Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos . En R. Boylestad, & L. Nashelsky, *Aplicaciones del amplificador operacional* (págs. 655-658). México: Pearson Educación.
- Portilla Cuarán, L., & Cortés Lizarazo, A. (2014). *Prototipo para la adquisición y visualización de señales de eeg para la onda p300*. Bogotá D.C.
- R. S. Khandpur. (2004). *Biomedical Instrumentation: Technology and Applications*. McGraw-Hill Professional.
- Rodríguez, M., & Casas Terrazas, K. (3 de Abril de 2011). Sistema de adquisición y procesamiento de las señales. Juárez, México, D. F.

Sarmiento, L. C. (2007). *Protesis de mano para personas amputadas de mano y muñeca*. Bogotá D.C.

SENIAM. (16 de Marzo de 2015). *Seniam*. Recuperado el 16 de Marzo de 2015, de Seniam: <http://www.seniam.org/>

Shadow Robot Company. (2003). Design of a Dextrous Hand for advanced CLAWAR. 1-9.

SolidWorks. (15 de Marzo de 2015). *Dassault Systemes*. Recuperado el 15 de Marzo de 2015, de SolidWorks: <http://www.solidworks.es/sw/products/3d-cad/solidworks-standard.htm>

ANEXO 1. Tabla de estudio representativo musculo bicep

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
1,017534	1	1,354104	1	0,817404	1
1,056026	2	1,36296	2	0,82626	2
1,104701	3	1,353903	3	0,817203	3
1,149508	4	1,058856	4	0,522156	4
1,145776	5	1,041945	5	0,505245	5
1,095061	6	1,058619	6	0,521919	6
1,046205	7	1,087782	7	0,551082	7
1,035056	8	1,351136	8	0,814436	8
1,056764	9	1,341231	9	0,804531	9
1,067827	10	1,34757	10	0,81087	10
1,027216	11	1,34042	11	0,80372	11
0,749768	12	1,34425	12	0,80755	12
0,723358	13	1,495937	13	0,959237	13
0,721056	14	1,594111	14	1,057411	14
0,745618	15	1,590845	15	1,054145	15
0,701032	16	1,479233	16	0,942533	16
0,692388	17	1,035439	17	0,498739	17
1,036535	18	0,949391	18	0,412691	18
1,098656	19	1,03533	19	0,49863	19
1,134613	20	1,517228	20	0,980528	20
1,151336	21	1,60242	21	1,06572	21
1,110179	22	1,492097	22	0,955397	22
0,718192	23	1,091569	23	0,554869	23
0,690888	24	1,078276	24	0,541576	24
0,708309	25	0,970959	25	0,434259	25
0,752239	26	0,897398	26	0,360698	26
0,736256	27	0,938586	27	0,401886	27
1,008138	28	1,033584	28	0,496884	28
1,067344	29	1,066327	29	0,529627	29
1,098098	30	1,012567	30	0,475867	30
1,141497	31	0,946786	31	0,410086	31
1,189907	32	0,964497	32	0,427797	32
1,167022	33	1,096111	33	0,559411	33

Amplitud [v]	# Datos
1,034528	34
0,751541	35
0,737399	36
0,735874	37
0,705982	38
0,69157	39
0,696669	40
0,725419	41
1,008426	42
1,017282	43
1,008225	44
0,713178	45
0,696267	46
0,712941	47
0,742104	48
1,005458	49
0,995553	50
1,001892	51
0,994742	52
0,998572	53
1,150259	54
1,248433	55
1,245167	56
1,133555	57
0,689761	58
0,603713	59
0,689652	60
1,17155	61
1,256742	62
1,146419	63
0,745891	64
0,732598	65
0,625281	66
0,55172	67
0,592908	68

Amplitud [v]	# Datos
1,013517	34
1,014663	35
1,385969	36
1,515841	37
1,535782	38
1,500614	39
1,468748	40
1,448291	41
1,417084	42
1,360095	43
1,079785	44
1,042821	45
1,095874	46
1,368326	47
1,448251	48
1,034755	49
0,964402	50
0,795172	51
0,612696	52
0,663578	53
0,95918	54
1,377424	55
1,705689	56
1,977053	57
1,996573	58
1,884347	59
1,835435	60
1,885538	61
1,892131	62
1,637016	63
1,074059	64
0,551768	65
0,47698	66
0,796703	67
1,354728	68

Amplitud [v]	# Datos
0,476817	34
0,477963	35
0,849269	36
0,979141	37
0,999082	38
0,963914	39
0,932048	40
0,911591	41
0,880384	42
0,823395	43
0,543085	44
0,506121	45
0,559174	46
0,831626	47
0,911551	48
0,498055	49
0,427702	50
0,258472	51
0,075996	52
0,126878	53
0,42248	54
0,840724	55
1,168989	56
1,440353	57
1,459873	58
1,347647	59
1,298735	60
1,348838	61
1,355431	62
1,100316	63
0,537359	64
0,015068	65
-0,05972	66
0,260003	67
0,818028	68

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,687906	69
0,720649	70
0,666889	71
0,601108	72
0,618819	73
0,750433	74
0,667839	75
0,668985	76
1,040291	77
1,170163	78
1,190104	79
1,154936	80
1,12307	81
1,102613	82
1,071406	83
1,014417	84
0,734107	85
0,697143	86
0,750196	87
1,022648	88
1,102573	89
0,689077	90
0,618724	91
0,449494	92
0,267018	93
0,3179	94
0,613502	95
1,031746	96
1,360011	97
1,631375	98
1,650895	99
1,538669	100
1,489757	101
1,53986	102
1,546453	103

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,950591	69
0,589238	70
0,45837	71
0,5329	72
0,61546	73
0,685828	74
0,925876	75
1,409101	76
1,886837	77
1,995669	78
1,671653	79
1,065138	80
1,566781	81
1,663419	82
1,412993	83
0,914564	84
0,436606	85
0,231668	86
0,322346	87
0,519084	88
0,633638	89
0,658006	90
0,728943	91
0,933005	92
1,55633	93
1,755346	94
1,784087	95
1,754338	96
1,830067	97
2,093379	98
2,445443	99
2,622038	100
2,494267	101
2,23332	102
2,046181	103

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,413891	69
0,052538	70
-0,07833	71
-0,0038	72
0,07876	73
0,149128	74
0,389176	75
0,872401	76
1,350137	77
1,458969	78
1,134953	79
0,528438	80
1,030081	81
1,126719	82
0,876293	83
0,377864	84
-0,100094	85
-0,305032	86
-0,214354	87
-0,017616	88
0,096938	89
0,121306	90
0,192243	91
0,396305	92
1,01963	93
1,218646	94
1,247387	95
1,217638	96
1,293367	97
1,556679	98
1,908743	99
2,085338	100
1,957567	101
1,69662	102
1,509481	103

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
1,291338	104
0,728381	105
0,20609	106
0,131302	107
0,451025	108
1,00905	109
0,604913	110
0,24356	111
0,112692	112
0,187222	113
0,269782	114
0,34015	115
0,580198	116
1,063423	117
1,541159	118
1,649991	119
1,325975	120
0,71946	121
1,221103	122
1,317741	123
1,067315	124
0,568886	125
0,090928	126
-0,11401	127
-0,023332	128
0,173406	129
0,28796	130
0,312328	131
0,383265	132
0,587327	133
1,210652	134
1,409668	135
1,438409	136
1,40866	137
1,484389	138

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
1,945677	104
1,805019	105
1,508384	106
1,082392	107
0,684956	108
0,444472	109
0,351893	110
0,316228	111
0,281732	112
0,202247	113
0,028406	114
-0,089087	115
0,116258	116
0,602363	117
1,039318	118
1,361178	119
1,553385	120
1,946154	121
2,354927	122
2,45907	123
2,232674	124
1,95515	125
1,746535	126
1,365078	127
0,70266	128
0,174073	129
0,160559	130
0,515383	131
0,91728	132
1,483551	133
1,681286	134
1,688588	135
0,656452	136
0,176341	137
0,257195	138

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
1,408977	104
1,268319	105
0,971684	106
0,545692	107
0,148256	108
-0,092228	109
-0,184807	110
-0,220472	111
-0,254968	112
-0,334453	113
-0,508294	114
-0,625787	115
-0,420442	116
0,065663	117
0,502618	118
0,824478	119
1,016685	120
1,409454	121
1,818227	122
1,92237	123
1,695974	124
1,41845	125
1,209835	126
0,828378	127
0,16596	128
-0,362627	129
-0,376141	130
-0,021317	131
0,38058	132
0,946851	133
1,144586	134
1,151888	135
0,119752	136
-0,360359	137
-0,279505	138

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
1,747701	139
2,099765	140
2,27636	141
2,148589	142
1,887642	143
1,700503	144
1,599999	145
1,459341	146
1,162706	147
0,736714	148
0,339278	149
0,098794	150
0,006215	151
-0,02945	152
-0,063946	153
-0,143431	154
-0,317272	155
-0,434765	156
-0,22942	157
0,256685	158
0,69364	159
1,0155	160
1,207707	161
1,600476	162
2,009249	163
2,113392	164
1,886996	165
1,609472	166
1,400857	167
1,0194	168
0,356982	169
-0,171605	170
-0,185119	171
0,169705	172
0,571602	173

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,743667	139
1,411368	140
1,8206	141
2,502867	142
3,044084	143
3,060712	144
2,656622	145
2,069368	146
0,140944	147
-0,817258	148
-1,129477	149
-0,745926	150
-0,038954	151
0,669887	152
1,349386	153
1,999842	154
2,46389	155
2,614609	156
2,504773	157
2,233311	158
1,77398	159
0,612213	160
0,510015	161
0,739937	162
0,908836	163
0,825507	164
0,669461	165
0,640761	166
0,725821	167
0,84012	168
0,97028	169
1,411135	170
1,547768	171
1,746915	172
1,970296	173

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,206967	139
0,874668	140
1,2839	141
1,966167	142
2,507384	143
2,524012	144
2,119922	145
1,532668	146
-0,395756	147
-1,353958	148
-1,666177	149
-1,282626	150
-0,575654	151
0,133187	152
0,812686	153
1,463142	154
1,92719	155
2,077909	156
1,968073	157
1,696611	158
1,23728	159
0,075513	160
-0,026685	161
0,203237	162
0,372136	163
0,288807	164
0,132761	165
0,104061	166
0,189121	167
0,30342	168
0,43358	169
0,874435	170
1,011068	171
1,210215	172
1,433596	173

Amplitud [v]	# Datos
1,137873	174
1,335608	175
1,34291	176
0,310774	177
-0,169337	178
-0,088483	179
0,397989	180
1,06569	181
1,474922	182
2,157189	183
2,698406	184
2,715034	185
2,310944	186
1,72369	187
-0,204734	188
-1,162936	189
-1,475155	190
-1,091604	191
-0,384632	192
0,324209	193
1,003708	194
1,654164	195
2,118212	196
2,268931	197
2,159095	198
1,887633	199
1,428302	200
0,266535	201
0,164337	202
0,394259	203
0,563158	204
0,479829	205
0,323783	206
0,295083	207
0,380143	208

Amplitud [v]	# Datos
2,04093	174
1,840895	175
1,504398	176
1,093833	177
1,088985	178
1,083036	179
1,044511	180
0,997652	181
1,012001	182
1,364558	183
1,552278	184
1,764611	185
1,899453	186
1,862346	187
1,610726	188
0,705331	189
0,373735	190
0,237666	191
0,23406	192
0,379732	193
0,752555	194
1,65205	195
1,773423	196
1,698713	197
1,536164	198
0,810264	199
0,298237	200
0,055257	201
0,435192	202
1,427728	203
2,541493	204
3,183274	205
3,126476	206
2,583517	207
1,888759	208

Amplitud [v]	# Datos
1,50423	174
1,304195	175
0,967698	176
0,557133	177
0,552285	178
0,546336	179
0,507811	180
0,460952	181
0,475301	182
0,827858	183
1,015578	184
1,227911	185
1,362753	186
1,325646	187
1,074026	188
0,168631	189
-0,162965	190
-0,299034	191
-0,30264	192
-0,156968	193
0,215855	194
1,11535	195
1,236723	196
1,162013	197
0,999464	198
0,273564	199
-0,238463	200
-0,481443	201
-0,101508	202
0,891028	203
2,004793	204
2,646574	205
2,589776	206
2,046817	207
1,352059	208

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,494442	209
0,624602	210
1,065457	211
1,20209	212
1,401237	213
1,624618	214
1,695252	215
1,495217	216
1,15872	217
0,748155	218
0,743307	219
0,737358	220
0,698833	221
0,651974	222
0,666323	223
1,01888	224
1,2066	225
1,418933	226
1,553775	227
1,516668	228
1,265048	229
0,359653	230
0,028057	231
-0,108012	232
-0,111618	233
0,034054	234
0,406877	235
1,306372	236
1,427745	237
1,353035	238
1,190486	239
0,464586	240
-0,047441	241
-0,290421	242
0,089514	243

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,556465	209
0,07421	210
-0,12111	211
0,002998	212
0,42713	213
1,035292	214
1,5923	215
1,889204	216
1,884837	217
1,719603	218
1,549097	219
0,968743	220
0,621097	221
0,598109	222
0,879914	223
0,945837	224
0,828441	225
1,037256	226
1,446825	227
1,677529	228
1,538358	229
1,092422	230
1,541354	231
1,653772	232
1,542946	233
1,344765	234
0,965452	235
0,693163	236
0,603809	237
0,836776	238
1,75901	239
2,02457	240
2,049384	241
1,856052	242
1,512259	243

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,019765	209
-0,46249	210
-0,65781	211
-0,533702	212
-0,10957	213
0,498592	214
1,0556	215
1,352504	216
1,348137	217
1,182903	218
1,012397	219
0,432043	220
0,084397	221
0,061409	222
0,343214	223
0,409137	224
0,291741	225
0,500556	226
0,910125	227
1,140829	228
1,001658	229
0,555722	230
1,004654	231
1,117072	232
1,006246	233
0,808065	234
0,428752	235
0,156463	236
0,067109	237
0,300076	238
1,22231	239
1,48787	240
1,512684	241
1,319352	242
0,975559	243

Amplitud [v]	# Datos
1,08205	244
2,195815	245
2,837596	246
2,780798	247
2,237839	248
1,543081	249
0,210787	250
-0,271468	251
-0,466788	252
-0,34268	253
0,081452	254
0,689614	255
1,246622	256
1,543526	257
1,539159	258
1,373925	259
1,203419	260
0,623065	261
0,275419	262
0,252431	263
0,534236	264
0,600159	265
0,482763	266
0,691578	267
1,101147	268
1,331851	269
1,19268	270
0,746744	271
1,195676	272
1,308094	273
1,197268	274
0,999087	275
0,619774	276
0,347485	277
0,258131	278

Amplitud [v]	# Datos
0,765483	244
0,463227	245
0,306577	246
0,392745	247
0,668948	248
0,955448	249
1,419729	250
1,447526	251
1,35368	252
1,374413	253
1,64475	254
1,984385	255
2,156584	256
2,116228	257
1,997411	258
1,897003	259
1,690758	260
0,45791	261
-0,348281	262
-0,832213	263
-0,63161	264
0,196078	265
1,962184	266
2,240056	267
2,266644	268
2,405269	269
2,573853	270
2,339358	271
1,608083	272
0,803531	273
0,377648	274
0,426867	275
0,707441	276
0,903048	277
0,919539	278

Amplitud [v]	# Datos
0,228783	244
-0,073473	245
-0,230123	246
-0,143955	247
0,132248	248
0,418748	249
0,883029	250
0,910826	251
0,81698	252
0,837713	253
1,10805	254
1,447685	255
1,619884	256
1,579528	257
1,460711	258
1,360303	259
1,154058	260
-0,07879	261
-0,884981	262
-1,368913	263
-1,16831	264
-0,340622	265
1,425484	266
1,703356	267
1,729944	268
1,868569	269
2,037153	270
1,802658	271
1,071383	272
0,266831	273
-0,159052	274
-0,109833	275
0,170741	276
0,366348	277
0,382839	278

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,491098	279
1,413332	280
1,678892	281
1,703706	282
1,510374	283
1,166581	284
0,419805	285
0,117549	286
-0,039101	287
0,047067	288
0,32327	289
0,60977	290
1,074051	291
1,101848	292
1,008002	293
1,028735	294
1,299072	295
1,638707	296
1,810906	297
1,77055	298
1,651733	299
1,551325	300
1,34508	301
0,112232	302
-0,693959	303
-1,177891	304
-0,977288	305
-0,1496	306
1,616506	307
1,894378	308
1,920966	309
2,059591	310
2,228175	311
1,99368	312
1,262405	313

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,868202	279
0,842435	280
0,872304	281
0,956705	282
0,990485	283
0,847316	284
0,638301	285
0,616846	286
0,826091	287
1,379183	288
1,606738	289
1,811882	290
1,925172	291
1,853043	292
1,704924	293
1,708477	294
1,89974	295
2,10788	296
2,132073	297
1,89329	298
1,545059	299
1,352889	300
1,351241	301
0,816048	302
0,127973	303
-0,382799	304
-0,34369	305
0,213904	306
0,935589	307
1,496326	308
1,770415	309
1,799653	310
1,702904	311
1,552314	312
1,058357	313

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,331502	279
0,305735	280
0,335604	281
0,420005	282
0,453785	283
0,310616	284
0,101601	285
0,080146	286
0,289391	287
0,842483	288
1,070038	289
1,275182	290
1,388472	291
1,316343	292
1,168224	293
1,171777	294
1,36304	295
1,57118	296
1,595373	297
1,35659	298
1,008359	299
0,816189	300
0,814541	301
0,279348	302
-0,408727	303
-0,919499	304
-0,88039	305
-0,322796	306
0,398889	307
0,959626	308
1,233715	309
1,262953	310
1,166204	311
1,015614	312
0,521657	313

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,457853	314
0,03197	315
0,081189	316
0,361763	317
0,55737	318
0,573861	319
0,522524	320
0,496757	321
0,526626	322
0,611027	323
0,644807	324
0,501638	325
0,292623	326
0,271168	327
0,480413	328
1,033505	329
1,26106	330
1,466204	331
1,579494	332
1,507365	333
1,359246	334
1,362799	335
1,554062	336
1,762202	337
1,786395	338
1,547612	339
1,199381	340
1,007211	341
1,005563	342
0,47037	343
-0,217705	344
-0,728477	345
-0,689368	346
-0,131774	347
0,589911	348

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,800624	314
0,685805	315
0,765954	316
0,968099	317
1,420608	318
1,494098	319
1,534866	320
1,528294	321
1,48661	322
1,439295	323
1,401272	324
1,366515	325
1,359414	326
1,373745	327
1,076672	328
0,996886	329
0,898032	330
0,821327	331
0,844876	332
0,992916	333
1,342463	334
1,367395	335
1,421835	336
1,57841	337
1,629577	338
1,531392	339
1,364712	340
1,021498	341
0,918302	342
0,860499	343
0,834266	344
0,843333	345
0,930045	346
1,38969	347
1,41466	348

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,263924	314
0,149105	315
0,229254	316
0,431399	317
0,883908	318
0,957398	319
0,998166	320
0,991594	321
0,94991	322
0,902595	323
0,864572	324
0,829815	325
0,822714	326
0,837045	327
0,539972	328
0,460186	329
0,361332	330
0,284627	331
0,308176	332
0,456216	333
0,805763	334
0,830695	335
0,885135	336
1,04171	337
1,092877	338
0,994692	339
0,828012	340
0,484798	341
0,381602	342
0,323799	343
0,297566	344
0,306633	345
0,393345	346
0,85299	347
0,87796	348

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
1,150648	349
1,424737	350
1,453975	351
1,357226	352
1,206636	353
0,712679	354
0,454946	355
0,340127	356
0,420276	357
0,622421	358
1,07493	359
1,14842	360
1,189188	361
1,182616	362
1,140932	363
1,093617	364
1,055594	365
1,020837	366
1,013736	367
1,028067	368
0,730994	369
0,651208	370
0,552354	371
0,475649	372
0,499198	373
0,647238	374
0,996785	375
1,021717	376
1,076157	377
1,232732	378
1,283899	379
1,185714	380
1,019034	381
0,67582	382
0,572624	383

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
1,438701	349
1,495312	350

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,902001	349
0,958612	350
1,109227	351
1,132776	352
1,280816	353
1,630363	354
1,655295	355
1,709735	356
1,86631	357
1,917477	358
1,819292	359
1,652612	360
1,309398	361
1,206202	362
1,148399	363
1,122166	364
1,131233	365
1,217945	366
1,67759	367
1,70256	368
1,726601	369
1,783212	370

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,514821	384
0,488588	385
0,497655	386
0,584367	387
1,044012	388
1,068982	389
1,093023	390
1,149634	391
1,14824	392
0,997231	393
1,048201	394
1,13587	395
1,1773	396
1,242882	397
1,324199	398
1,343566	399
1,233329	400
0,466624	401
-0,018987	402
-0,21959	403
-0,028981	404
0,351073	405
0,650549	406
0,999728	407
1,176009	408
1,274969	409
1,210059	410
1,014146	411
1,029397	412
1,139389	413
1,173756	414
1,151222	415
1,091402	416
1,01428	417
0,690532	418

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,552989	419
0,459412	420
0,438302	421
0,523233	422
0,702384	423
1,033253	424
1,161348	425
1,280691	426
1,369636	427
1,41064	428
1,376744	429
1,247317	430
1,045988	431
0,678535	432
0,581539	433
0,500306	434
0,401521	435
0,330954	436
0,380727	437
0,572454	438
1,054953	439

ANEXO 2. Tabla de estudio representativo musculo pectoral

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,144414	1	0,2238	1	0,27856	1
0,182906	2	0,250631	2	0,160347	2
0,231581	3	0,189094	3	-0,131101	3
0,276388	4	-0,210973	4	-0,168909	4
0,272656	5	-0,282279	5	-0,188588	5
0,221941	6	-0,273633	6	-0,19009	6
0,173085	7	-0,173509	7	-0,153151	7
0,161936	8	0,135576	8	0,136589	8
0,183644	9	0,208736	9	0,177852	9
0,194707	10	0,292291	10	0,182851	10
0,154096	11	0,333516	11	0,17377	11
-0,123352	12	0,270365	12	0,141857	12
-0,149762	13	-0,170415	13	-0,188617	13
-0,152064	14	-0,25151	14	-0,215231	14
-0,127502	15	-0,286554	15	-0,185787	15
-0,172088	16	-0,252062	16	-0,151725	16
-0,180732	17	-0,156549	17	0,149092	17
0,163415	18	-0,203195	18	0,262347	18
0,225536	19	-0,286969	19	0,277184	19
0,261493	20	-0,307528	20	0,166598	20
0,278216	21	-0,235687	21	-0,149959	21
0,237059	22	0,196092	22	-0,245715	22
-0,154928	23	0,24223	23	-0,289366	23
-0,182232	24	0,272799	24	-0,289449	24
-0,164811	25	0,356314	25	-0,264201	25
-0,120881	26	0,478899	26	-0,224506	26
-0,136864	27	0,541324	27	-0,167205	27
0,135018	28	0,466086	28	0,178385	28
0,194224	29	0,27959	29	0,269868	29
0,224978	30	-0,237953	30	0,309322	30
0,268377	31	-0,337396	31	0,30795	31
0,316787	32	-0,401529	32	0,270663	32

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,293902	33	-0,418982	33	0,197085	33
0,161408	34	-0,375336	34	-0,152388	34
-0,121579	35	-0,278697	35	-0,238003	35
-0,135721	36	-0,156981	36	-0,216073	36
-0,137246	37	0,177483	37	0,185629	37
-0,167138	38	0,240057	38	0,310053	38
-0,18155	39	0,265354	39	0,331543	39
-0,176451	40	0,251359	40	0,257491	40
-0,147701	41	0,206124	41	0,173013	41
0,135306	42	0,141869	42	0,138234	42
0,144162	43	-0,132423	43	0,122452	43
0,135105	44	-0,156543	44	-0,213338	44
-0,159942	45	-0,157879	45	-0,323022	45
-0,176853	46	-0,146709	46	-0,357551	46
-0,160179	47	-0,137025	47	-0,330725	47
-0,131016	48	-0,132204	48	-0,286353	48
0,132338	49	0,155265	49	-0,251042	49
0,122433	50	0,150891	50	-0,220817	50
0,128772	51	0,132348	51	-0,182794	51
0,121622	52	-0,127361	52	-0,131308	52
0,125452	53	0,127516	53	0,128268	53
0,277139	54	0,156291	54	0,131255	54
0,375313	55	0,132876	55	-0,121932	55
0,372047	56	0,12625	56	0,237525	56
0,260435	57	0,152007	57	0,323371	57
-0,183359	58	-0,135076	58	0,270905	58
-0,269407	59	-0,127034	59	0,17488	59
-0,183468	60	-0,128634	60	-0,125484	60
0,29843	61	-0,12916	61	-0,21773	61
0,383622	62	0,177291	62	-0,275047	62
0,273299	63	0,2418	63	-0,264095	63
-0,127229	64	0,26354	64	-0,203213	64
-0,140522	65	0,249488	65	-0,147362	65

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
-0,247839	66	0,208986	66	-0,13344	66
-0,3214	67	0,153249	67	-0,158883	67
-0,280212	68	-0,140027	68	-0,199209	68
-0,185214	69	-0,186258	69	-0,2286	69
-0,152471	70	-0,203135	70	-0,232085	70
-0,206231	71	-0,186045	71	-0,208395	71
-0,272012	72	-0,138683	72	-0,163175	72
-0,254301	73	0,125321	73	0,188307	73
-0,122687	74	0,133198	74	0,281441	74
-0,205281	75	0,133665	75	0,342238	75
-0,204135	76	-0,218463	76	0,367942	76
0,167171	77	-0,303402	77	0,363464	77
0,297043	78	-0,313438	78	0,327139	78
0,316984	79	-0,223166	79	0,255214	79
0,281816	80	0,151159	80	0,155463	80
0,24995	81	0,337953	81	-0,136788	81
0,229493	82	0,483998	82	-0,186973	82
0,198286	83	0,542973	83	-0,208138	83
0,141297	84	0,480338	84	-0,201469	84
-0,139013	85	0,343078	85	-0,166721	85
-0,175977	86	0,206444	86	0,139955	86
-0,122924	87	-0,179035	87	0,134874	87
0,149528	88	-0,128904	88	-0,152799	88
0,229453	89	-0,3869	89	-0,161038	89
-0,184043	90	-0,671919	90	-0,144333	90
-0,254396	91	-0,740796	91	-0,123053	91
-0,423626	92	-0,530865	92	0,122081	92
-0,606102	93	-0,247692	93	0,127861	93
-0,55522	94	-0,186155	94	-0,196822	94
-0,259618	95	-0,301773	95	-0,242768	95
0,158626	96	-0,197357	96	-0,202437	96
0,486891	97	0,163829	97	0,231511	97
0,758255	98	0,538262	98	0,350579	98

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,777775	99	0,771172	99	0,369328	99
0,665549	100	0,890286	100	0,289052	100
0,616637	101	0,897053	101	0,186476	101
0,66674	102	0,700612	102	0,124075	102
0,673333	103	0,252391	103	-0,121384	103
0,418218	104	-0,27121	104	-0,17228	104
-0,144739	105	-0,543669	105	-0,185785	105
-0,66703	106	-0,419671	106	-0,201357	106
-0,741818	107	0,146973	107	-0,23251	107
-0,422095	108	0,132855	108	-0,248724	108
0,13593	109	-0,234748	109	-0,219371	109
-0,268207	110	-0,280212	110	-0,157055	110
-0,62956	111	-0,293308	111	0,176277	111
-0,760428	112	-0,369451	112	0,232413	112
-0,685898	113	-0,375192	113	0,262305	113
-0,603338	114	-0,157047	114	0,263558	114
-0,53297	115	0,240218	115	0,241753	115
-0,292922	116	0,603495	116	0,20529	116
0,190303	117	0,702714	117	0,155847	117
0,668039	118	0,456383	118	-0,122576	118
0,776871	119	-0,425754	119	-0,143141	119
0,452855	120	-0,56032	120	-0,149603	120
-0,15366	121	-0,41548	121	-0,140392	121
0,347983	122	-0,203848	122	-0,201304	122
0,444621	123	-0,142989	123	-0,292496	123
0,194195	124	-0,152763	124	-0,21794	124
-0,304234	125	-0,158088	125	0,1288	125
-0,782192	126	-0,261339	126	0,171244	126
-0,98713	127	-0,317197	127	0,22938	127
-0,896452	128	-0,265432	128	0,263622	128
-0,699714	129	0,337345	129	0,177962	129
-0,58516	130	0,83257	130	-0,142728	130
-0,560792	131	1,244505	131	-0,313921	131

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
-0,489855	132	1,415925	132	-0,537269	132
-0,285793	133	1,391269	133	-0,31231	133
0,337532	134	1,234905	134	0,233377	134
0,536548	135	0,843951	135	0,657806	135
0,565289	136	0,195899	136	0,723882	136
0,53554	137	-0,440118	137	0,548223	137
0,611269	138	-0,807495	138	0,416433	138
0,874581	139	-0,967286	139	0,467064	139
1,226645	140	-1,108723	140	0,508247	140
1,40324	141	-1,270599	141	0,252701	141
1,275469	142	-1,3608	142	-0,234913	142
1,014522	143	-1,27348	143	-0,587354	143
0,827383	144	-0,974918	144	-0,610505	144
0,726879	145	-0,576699	145	-0,429492	145
0,586221	146	-0,287696	146	-0,287062	146
0,289586	147	-0,209729	147	-0,331073	147
-0,136406	148	-0,159189	148	-0,494643	148
-0,533842	149	0,137059	149	-0,600877	149
-0,774326	150	0,63206	150	-0,578117	150
-0,866905	151	0,99677	151	-0,491341	151
-0,90257	152	1,057893	152	-0,421261	152
-0,937066	153	0,948833	153	-0,387141	153
-1,016551	154	0,841869	154	-0,350118	154
-1,190392	155	0,754135	155	-0,263131	155
-1,307885	156	0,636457	156	-0,131982	156
-1,10254	157	0,499263	157	0,199725	157
-0,616435	158	0,363535	158	0,351639	158
-0,17948	159	0,162276	159	0,499009	159
0,14238	160	-0,177639	160	0,606218	160
0,334587	161	-0,593643	161	0,675057	161
0,727356	162	-0,886562	162	0,710211	162
1,136129	163	-0,865097	163	0,697318	163
1,240272	164	-0,547169	164	0,622583	164

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
1,013876	165	-0,184893	165	0,48641	165
0,736352	166	-0,251551	166	0,298856	166
0,527737	167	-0,498661	167	-0,280255	167
0,14628	168	-0,44714	168	-0,38621	168
-0,516138	169	-0,13729	169	-0,441816	169
-1,044725	170	0,125909	170	-0,45753	170
-1,058239	171	0,270157	171	-0,427162	171
-0,703415	172	0,428786	172	-0,332649	172
-0,301518	173	0,635895	173	-0,171037	173
0,264753	174	0,801855	174	0,216562	174
0,462488	175	0,850777	175	0,337665	175
0,46979	176	0,765673	176	0,373552	176
-0,562346	177	0,519125	177	0,344386	177
-1,042457	178	-0,63237	178	0,275954	178
-0,961603	179	-1,129138	179	0,17056	179
-0,475131	180	-1,236301	180	-0,192499	180
0,19257	181	-1,074577	181	-0,230082	181
0,601802	182	-0,803953	182	-0,243061	182
1,284069	183	-0,470652	183	-0,253809	183
1,825286	184	-0,13081	184	-0,258229	184
1,841914	185	0,173359	185	-0,252448	185
1,437824	186	0,451384	186	-0,258955	186
0,85057	187	0,661575	187	-0,263927	187
-1,077854	188	0,688251	188	-0,193466	188
-2,036056	189	0,51265	189	0,171491	189
-2,348275	190	0,315597	190	0,141157	190
-1,964724	191	0,236724	191	-0,174643	191
-1,257752	192	0,204176	192	-0,343609	192
-0,548911	193	0,187846	193	-0,325433	193
0,130588	194	0,295583	194	0,402838	194
0,781044	195	0,539846	195	0,752627	195
1,245092	196	0,68345	196	0,855868	196
1,395811	197	0,324369	197	0,748879	197

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
1,285975	198	-0,566259	198	0,57299	198
1,014513	199	-1,318324	199	0,439059	199
0,555182	200	-1,303819	200	0,359605	200
-0,606585	201	-0,697188	201	0,288699	201
-0,708783	202	-0,139439	202	0,199039	202
-0,478861	203	0,359483	203	-0,234324	203
-0,309962	204	0,766322	204	-0,613433	204
-0,393291	205	1,039609	205	-1,108662	205
-0,549337	206	1,020508	206	-1,449508	206
-0,578037	207	0,785249	207	-1,346639	207
-0,492977	208	0,46552	208	-0,923653	208
-0,378678	209	0,138162	209	-0,62721	209
-0,248518	210	-0,211244	210	-0,56496	210
0,192337	211	-0,280613	211	-0,372317	211
0,32897	212	-0,526099	212	0,150383	212
0,528117	213	-0,978163	213	0,723424	213
0,751498	214	-1,415451	214	0,964106	214
0,822132	215	-1,613162	215	0,841657	215
0,622097	216	-1,508182	216	0,654031	216
0,2856	217	-1,182047	217	0,578282	217
-0,124965	218	-0,78798	218	0,524108	218
-0,129813	219	-0,399647	219	0,450385	219
-0,135762	220	0,5155	220	0,431652	220
-0,174287	221	0,945308	221	0,43775	221
-0,221146	222	1,152821	222	0,360628	222
-0,206797	223	1,129078	223	0,17239	223
0,14576	224	1,071568	224	-0,268501	224
0,33348	225	1,131409	225	-0,333628	225
0,545813	226	1,240667	226	-0,273216	226
0,680655	227	1,237815	227	-0,224817	227
0,643548	228	1,028279	228	-0,338711	228
0,391928	229	0,624409	229	-0,665455	229
-0,513467	230	-0,380439	230	-1,119862	230

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
-0,845063	231	-0,73933	231	-1,4339	231
-0,981132	232	-0,928099	232	-1,311393	232
-0,984738	233	-0,975378	233	-0,74407	233
-0,839066	234	-0,919594	234	0,691541	234
-0,466243	235	-0,794851	235	1,201549	235
0,433252	236	-0,610307	236	1,495186	236
0,554625	237	-0,357045	237	1,548831	237
0,479915	238	0,20562	238	1,352718	238
0,317366	239	0,344717	239	0,950494	239
-0,408534	240	0,355703	240	0,454973	240
-0,920561	241	0,345717	241	-0,387766	241
-1,163541	242	0,386834	242	-0,643539	242
-0,783606	243	0,451759	243	-0,821892	243
0,20893	244	0,478826	244	-0,953855	244
1,322695	245	0,41799	245	-0,994507	245
1,964476	246	0,25137	246	-0,859414	246
1,907678	247	-0,322014	247	-0,52139	247
1,364719	248	-0,647543	248	0,26539	248
0,669961	249	-0,894381	249	0,472129	249
-0,662333	250	-0,974031	250	0,612794	250
-1,144588	251	-0,944428	251	0,722189	251
-1,339908	252	-1,031402	252	0,707002	252
-1,2158	253	-1,234058	253	0,52518	253
-0,791668	254	-1,090679	254	0,334742	254
-0,183506	255	-0,28341	255	0,273861	255
0,373502	256	0,842825	256	0,253739	256
0,670406	257	1,689478	257	0,140826	257
0,666039	258	2,01058	258	-0,221236	258
0,500805	259	1,988747	259	-0,283531	259
0,330299	260	1,831114	260	-0,314914	260
-0,250055	261	1,419754	261	-0,473698	261
-0,597701	262	0,594905	262	-0,730782	262
-0,620689	263	-0,322522	263	-0,849234	263

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
-0,338884	264	-0,809417	264	-0,706215	264
-0,272961	265	-0,842188	265	-0,426202	265
-0,390357	266	-0,812712	266	-0,172286	266
-0,181542	267	-0,900864	267	0,203293	267
0,228027	268	-0,88422	268	0,302723	268
0,458731	269	-0,510606	269	0,262017	269
0,31956	270	0,13961	270	0,129813	270
-0,126376	271	0,679479	271	0,13764	271
0,322556	272	0,770565	272	0,252329	272
0,434974	273	0,425628	273	0,299565	273
0,324148	274	-0,529776	274	0,263934	274
0,125967	275	-0,871908	275	0,199223	275
-0,253346	276	-1,108162	276	0,165278	276
-0,525635	277	-1,178666	277	0,155095	277
-0,614989	278	-1,09001	278	-0,260096	278
-0,382022	279	-0,928076	279	-0,485399	279
0,540212	280	-0,635653	280	-0,611162	280
0,805772	281	0,860033	281	-0,467184	281
0,830586	282	1,701531	282	0,525022	282
0,637254	283	2,143077	283	0,954048	283
0,293461	284	2,012238	284	1,145495	284
-0,453315	285	1,359414	285	1,13188	285
-0,755571	286	0,444687	286	0,966473	286
-0,912221	287	-0,405093	287	0,671567	287
-0,826053	288	-0,991022	288	0,28706	288
-0,54985	289	-1,271536	289	-0,151443	289
-0,26335	290	-1,277571	290	-0,611238	290
0,200931	291	-1,070846	291	-1,030301	291
0,228728	292	-0,719719	292	-1,384244	292
0,134882	293	-0,2798	293	-1,60647	293
0,155615	294	0,174061	294	-1,475734	294
0,425952	295	0,538151	295	-0,896634	295
0,765587	296	0,72336	296	-0,136499	296

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
0,937786	297	0,694204	297	0,405122	297
0,89743	298	0,493698	298	0,481377	298
0,778613	299	0,217402	299	0,165533	299
0,678205	300	-0,30397	300	0,501253	300
0,47196	301	-0,524595	301	0,745381	301
-0,760888	302	-0,689771	302	0,691035	302
-1,567079	303	-0,729682	303	0,555109	303
-2,051011	304	-0,602096	304	0,403996	304
-1,850408	305	-0,337626	305	0,220939	305
-1,02272	306	0,296931	306	0,139261	306
0,743386	307	0,636062	307	0,244968	307
1,021258	308	0,979576	308	0,404343	308
1,047846	309	1,216195	309	0,41562	309
1,186471	310	1,209963	310	0,216238	310
1,355055	311	0,912531	311	-0,123313	311
1,12056	312	0,443226	312	-0,512749	312
0,389285	313	-0,315172	313	-0,787227	313
-0,415267	314	-0,534864	314	-0,769801	314
-0,84115	315	-0,683971	315	-0,551583	315
-0,791931	316	-0,733756	316	-0,437463	316
-0,511357	317	-0,650418	317	-0,561799	317
-0,31575	318	-0,456574	318	-0,744116	318
-0,299259	319	-0,184164	319	-0,760621	319
-0,350596	320	0,160967	320	-0,600237	320
-0,376363	321	0,495985	321	-0,35903	321
-0,346494	322	0,635296	322	0,343904	322
-0,262093	323	0,520337	323	0,81199	323
-0,228313	324	0,331945	324	1,210255	324
-0,371482	325	0,220668	325	1,431458	325
-0,580497	326	0,132391	326	1,507257	326
-0,601952	327	-0,342219	327	1,493635	327
-0,392707	328	-0,733841	328	1,347687	328
0,160385	329	-1,069362	329	0,999053	329

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
0,38794	330	-1,177998	330	0,437424	330
0,593084	331	-1,026028	331	-0,243874	331
0,706374	332	-0,722944	332	-0,838596	332
0,634245	333	-0,41216	333	-1,196725	333
0,486126	334	-0,163465	334	-1,368398	334
0,489679	335	0,287027	335	-1,46332	335
0,680942	336	0,500139	336	-1,457855	336
0,889082	337	0,670221	337	-1,267451	337
0,913275	338	0,781739	338	-0,949658	338
0,674492	339	0,832313	339	-0,70863	339
0,326261	340	0,857642	340	-0,671018	340
0,134091	341	0,862785	341	-0,670119	341
0,132443	342	0,775268	342	-0,381568	342
-0,40275	343	0,544464	343	0,259617	343
-1,090825	344	0,220634	344	0,956924	344
-1,601597	345	-0,399753	345	1,39916	345
-1,562488	346	-0,681199	346	1,536752	346
-1,004894	347	-0,874127	347	1,498535	347
-0,283209	348	-0,858077	348	1,373248	348
0,277528	349	-0,629634	349	1,136667	349
0,551617	350	-0,314291	350	0,765127	350
0,580855	351	0,150281	351	0,31304	351
0,484106	352	0,276221	352	-0,163848	352
0,333516	353	0,346104	353	-0,596826	353
-0,160441	354	0,347504	354	-0,817403	354
-0,418174	355	0,271301	355	-0,697852	355
-0,532993	356	-0,227966	356	-0,354698	356
-0,452844	357	-0,226936	357	-0,290956	357
-0,250699	358	-0,143645	358	-0,523233	358
0,20181	359	0,151861	359	-0,633127	359
0,2753	360	0,227292	360	-0,523748	360
0,316068	361	0,199298	361	-0,296406	361
0,309496	362	-0,124394	362	-0,152401	362

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
0,267812	363	0,156515	363	-0,16406	363
0,220497	364	0,28075	364	-0,229495	364
0,182474	365	0,242472	365	-0,307524	365
0,147717	366	-0,130193	366	-0,460184	366
0,140616	367	-0,251272	367	-0,531439	367
0,154947	368	-0,280914	368	-0,181947	368
-0,142126	369	-0,27934	369	0,605245	369
-0,221912	370	-0,290734	370	1,388766	370
-0,320766	371	-0,27892	371	1,714102	371
-0,397471	372	-0,199458	372	1,549205	372
-0,373922	373	-0,366202	373	1,249157	373
-0,225882	374	-0,561158	374	1,069171	374
0,123665	375	-0,344231	375	0,805395	375
0,148597	376	0,213022	376	-0,906053	376
0,203037	377	0,719778	377	-1,675046	377
0,359612	378	0,929888	378	-1,743219	378
0,410779	379	0,960283	379	-1,190243	379
0,312594	380	1,030322	380	-0,44753	380
0,145914	381	1,111236	381	0,234826	381
-0,1973	382	0,953919	382	-0,231799	382
-0,300496	383	0,448199	383	-0,513839	383
-0,358299	384	-0,206661	384	-0,622092	384
-0,384532	385	-0,74234	385	-0,490728	385
-0,375465	386	-1,02543	386	-0,260209	386
-0,288753	387	-1,028459	387	0,155505	387
0,170892	388	-0,81913	388	0,458076	388
0,195862	389	-0,535728	389	0,807098	389
0,219903	390	-0,298226	390	1,046183	390
0,276514	391	-0,176308	391	1,031222	391
0,27512	392	-0,189754	392	0,758558	392
0,124111	393	-0,298532	393	0,448215	393
0,175081	394	-0,416143	394	0,396219	394
0,26275	395	-0,46009	395	0,594305	395

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,30418	396	-0,404443	396	0,649323	396
0,369762	397	-0,290655	397	0,227109	397
0,451079	398	-0,192505	398	-0,564313	398
0,470446	399	-0,139978	399	-1,31152	399
0,360209	400	0,280448	400	-1,653926	400
-0,406496	401	0,554799	401	-1,486038	401
-0,892107	402	0,813308	402	-1,016079	402
-1,09271	403	0,970346	403	-0,578436	403
-0,902101	404	0,993109	404	-0,282232	404
-0,522047	405	0,920944	405	0,427359	405
-0,222571	406	0,780972	406	0,932396	406
0,126608	407	0,545844	407	1,346747	407
0,302889	408	0,205788	408	1,477231	408
0,401849	409	-0,174742	409	1,348893	409
0,336939	410	-0,495049	410	1,18905	410
0,141026	411	-0,685855	411	1,071278	411
0,156277	412	-0,731875	412	0,79283	412
0,266269	413	-0,664952	413	0,191852	413
0,300636	414	-0,541701	414	-0,61745	414
0,278102	415	-0,40363	415	-1,338002	415
0,218282	416	-0,263103	416	-1,712454	416
0,14116	417	-0,126031	417	-1,683614	417
-0,182588	418	0,151166	418	-1,391542	418
-0,320131	419	0,20831	419	-1,053608	419
-0,413708	420	0,235443	420	-0,838875	420
-0,434818	421	0,215871	421	-0,758268	421
-0,349887	422	0,154898	422	-0,666878	422
-0,170736	423	-0,136906	423	-0,449557	423
0,160133	424	-0,18826	424	-0,152748	424
0,288228	425	-0,130504	425	0,275979	425
0,407571	426	0,140666	426	0,358484	426
0,496516	427	0,121057	427	0,422153	427
0,53752	428	0,132201	428	0,529504	428

Amplitud [v]	# Datos
0,503624	429
0,374197	430
0,172868	431
-0,194585	432
-0,291581	433
-0,372814	434
-0,471599	435
-0,542166	436
-0,492393	437
-0,300666	438
0,181833	439

Amplitud [v]	# Datos
0,162877	429
0,127434	430
-0,336345	431
-0,469077	432
-0,393254	433
-0,213408	434
0,126551	435
0,228643	436
0,300551	437
0,291569	438
0,155385	439
-0,166454	440
-0,120613	441
0,144395	442
0,176009	443
0,136605	444
-0,180706	445
-0,327315	446
-0,415898	447
-0,4069	448
-0,314891	449
-0,177236	450
0,150521	451
0,304816	452
0,416701	453
0,466306	454
0,462113	455
0,430191	456
0,370054	457
0,252338	458
-0,270416	459
-0,353387	460
-0,382202	461

Amplitud [v]	# Datos
0,684334	429
0,842777	430
0,956645	431
0,998613	432
0,965572	433
0,874368	434
0,736115	435
0,532506	436
0,233899	437
-0,150604	438
-0,517901	439
-0,706071	440
-0,645918	441
-0,440462	442
-0,250363	443
-0,139786	444
-0,199842	445
-0,309874	446
-0,309496	447
-0,128	448
0,170592	449
0,392999	450
0,373369	451
0,143179	452
-0,124359	453
-0,326294	454
-0,482192	455
-0,626592	456
-0,718803	457
-0,638476	458
-0,301663	459
0,17725	460
0,520683	461

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
-0,384032	462	0,562267	462
-0,358641	463	0,423959	463
-0,280539	464	0,389102	464
-0,147437	465	0,609367	465
0,145933	466	0,8856	466
0,248524	467	0,828738	467
0,301886	468	0,344592	468
0,301125	469	-0,21368	469
0,249405	470	-0,487691	470
0,160377	471	-0,50591	471
-0,155398	472	-0,533502	472
-0,219157	473	-0,727242	473
-0,255856	474	-0,990997	474
-0,264206	475	-1,050848	475
-0,229541	476	-0,715639	476
-0,152985	477	0,426963	477
0,167319	478	0,679284	478
0,210336	479	0,732056	479
0,205093	480	0,802545	480
0,167632	481	0,964265	481
0,126539	482	1,016317	482
-0,121887	483	0,689614	483
-0,136961	484	-0,584499	484
0,140587	485	-0,793949	485
0,188883	486	-0,572629	486
0,171075	487	-0,124681	487
-0,14665	488	0,235327	488
-0,244171	489	0,315979	489
-0,297803	490	0,252927	490
-0,246833	491	0,248388	491
-0,150406	492	0,242922	492
0,15029	493	-0,181061	493
		-0,419403	494

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
-0,568837	495
-0,664712	496
-0,733266	497
-0,71968	498
-0,547756	499
-0,24037	500
0,284727	501
0,367788	502
0,36049	503
0,313712	504
0,280199	505
0,279815	506
0,279885	507
0,246937	508
0,187434	509
-0,229345	510
-0,319349	511
-0,308954	512
-0,187631	513
0,150377	514
0,132527	515
-0,12048	516
-0,180227	517
-0,133896	518
-0,149534	519
0,39174	520
0,549193	521
0,387519	522
-0,240416	523
-0,183019	524
0,252004	525
-0,264585	526
-0,483287	527

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
-0,413157	528
-0,175804	529
-0,188614	530
-0,188532	531
-0,142424	532
0,14257	533
0,237173	534
0,313464	535
0,352061	536
0,345462	537
0,305612	538
0,249702	539
0,187131	540
0,122945	541
-0,154043	542
-0,195743	543
-0,176315	544
-0,147808	545
-0,197906	546
-0,156019	547
0,156759	548
0,195069	549
0,156464	550
-0,121718	551
-0,120152	552
-0,121122	553
0,160468	554
0,192825	555
0,185714	556
0,157184	557
0,134825	558
-0,143122	559
-0,289949	560

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
-0,266013	561
0,121901	562
0,21548	563
0,218178	564
0,229011	565
0,301553	566
0,364345	567
0,284197	568
-0,278047	569
-0,455114	570
-0,444523	571
-0,316911	572
-0,176899	573
-0,192249	574
-0,244924	575
-0,211249	576
-0,163291	577
-0,265889	578
-0,166173	579
0,164213	580
0,535043	581
0,74578	582
0,739711	583
0,611922	584
0,509375	585
0,489697	586
0,464823	587
0,308947	588
-0,348264	589
-0,580795	590
-0,608722	591
-0,495424	592
-0,379078	593

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
-0,338064	594
-0,358391	595
-0,387466	596
-0,380126	597
-0,33516	598
-0,29091	599
-0,240493	600
0,340496	601
0,506943	602
0,573582	603
0,565716	604
0,522717	605
0,460607	606
0,359984	607
0,196511	608
-0,172133	609

ANEXO 3. Tabla de estudio representativo musculo trapecio

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>	<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,154682	1	-0,607343	1	-0,020335	1
0,541711	2	-0,237434	2	0,194185	2
0,63657	3	0,367067	3	0,440179	3
0,329566	4	0,732542	4	0,417169	4
-0,198749	5	0,457853	5	0,065465	5
-0,515388	6	-0,195537	6	-0,316427	6
-0,426769	7	-0,581184	7	-0,455121	7
-0,165679	8	-0,474314	8	-0,304686	8
-0,022087	9	-0,188454	9	0,033909	9
0,009964	10	-0,032266	10	0,44475	10
0,134705	11	0,039791	11	0,690718	11
0,372638	12	0,193611	12	0,459167	12
0,522782	13	0,36467	13	-0,160144	13
0,445343	14	0,398942	14	-0,621277	14
0,157958	15	0,229433	15	-0,579167	15
-0,17379	16	-0,172921	16	-0,256571	16
-0,288014	17	-0,602801	17	-0,041864	17
-0,068233	18	-0,641482	18	0,029016	18
0,285032	19	-0,137893	19	0,195293	19
0,397813	20	0,5229	20	0,410907	20
0,106184	21	0,752137	21	0,360489	21
-0,351363	22	0,420408	22	0,047283	22
-0,632003	23	-0,08168	23	-0,251106	23
-0,616121	24	-0,389195	24	-0,398588	24
-0,421698	25	-0,423326	25	-0,379674	25
-0,177827	26	-0,30942	26	-0,123496	26
0,137451	27	-0,172211	27	0,34728	27
0,461279	28	0,025653	28	0,662874	28
0,443082	29	0,29705	29	0,456767	29
-0,106931	30	0,433261	30	-0,084009	30
-0,729634	31	0,252395	31	-0,443709	31
-0,845446	32	-0,158238	32	-0,401571	32
-0,51743	33	-0,534012	33	-0,172657	33
-0,147486	34	-0,621539	34	-0,008942	34
0,197973	35	-0,314058	35	0,115862	35

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
0,637943	36	0,283376	36	0,293839	36
0,931693	37	0,792681	37	0,366153	37
0,699208	38	0,781482	38	0,146335	38
0,118437	39	0,253231	39	-0,205515	39
-0,227674	40	-0,325787	40	-0,392386	40
-0,171144	41	-0,536033	41	-0,358696	41
-0,025656	42	-0,378096	42	-0,154754	42
0,020932	43	-0,141844	43	0,236819	43
0,01648	44	0,064026	44	0,623505	44
-0,055414	45	0,3766	45	0,574619	45
-0,128233	46	0,643978	46	0,016775	46
0,130397	47	0,488119	47	-0,527984	47
0,669212	48	-0,037204	48	-0,589344	48
0,841484	49	-0,524709	49	-0,282698	49
0,338858	50	-0,716521	50	-0,014901	50
-0,45421	51	-0,581856	51	0,09679	51
-0,880322	52	-0,163549	52	0,2608	52
-0,640317	53	0,397625	53	0,46403	53
-0,124174	54	0,713232	54	0,374388	54
0,319062	55	0,46669	55	-0,093207	55
0,698142	56	-0,112382	56	-0,59935	56
0,841882	57	-0,509296	57	-0,790926	57
0,55776	58	-0,503796	58	-0,610704	58
-0,028682	59	-0,283238	59	-0,161791	59
-0,580875	60	-0,113086	60	0,487228	60
-0,767787	61	-0,007028	61	1,062709	61
-0,688392	62	0,189458	62	1,047941	62
-0,625199	63	0,414626	63	0,35314	63
-0,561958	64	0,405033	64	-0,426633	64
-0,503787	65	0,116005	65	-0,700116	65
-0,310382	66	-0,210842	66	-0,469027	66
0,327648	67	-0,352737	67	-0,141357	67
0,881104	68	-0,214156	68	0,07921	68
0,478063	69	0,192261	69	0,324667	69
-0,472019	70	0,597894	70	0,514624	70
-0,842985	71	0,61435	71	0,363151	71
-0,442669	72	0,201004	72	-0,052676	72

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
0,09047	73	-0,287118	73	-0,420121	73
0,329497	74	-0,506066	74	-0,615088	74
0,320147	75	-0,414676	75	-0,623628	75
0,259313	76	-0,219832	76	-0,310489	76
0,322838	77	-0,063759	77	0,344186	77
0,545356	78	0,119933	78	0,822136	78
0,620606	79	0,321257	79	0,565488	79
0,25455	80	0,348927	80	-0,148848	80
-0,219301	81	0,120681	81	-0,574501	81
-0,223502	82	-0,236524	82	-0,462689	82
0,155633	83	-0,500302	83	-0,140682	83
0,476295	84	-0,479283	84	0,054526	84
0,801407	85	-0,121598	85	0,145231	85
1,21515	86	0,431289	86	0,312204	86
1,15499	87	0,788679	87	0,455404	87
0,178124	88	0,576902	88	0,329009	88
-1,161814	89	-0,063675	89	-0,043316	89
-1,823215	90	-0,579662	90	-0,396051	90
-1,459593	91	-0,623218	91	-0,47042	91
-0,667756	92	-0,335442	92	-0,179807	92
-0,066046	93	-0,064798	93	0,339508	93
0,316174	94	0,065752	94	0,75222	94
0,556604	95	0,204159	95	0,693723	95
0,515761	96	0,385732	96	0,128446	96
0,111533	97	0,384022	97	-0,521081	97
-0,590186	98	0,062914	98	-0,772805	98
-1,262434	99	-0,333229	99	-0,561025	99
-1,422284	100	-0,465229	100	-0,205547	100
-0,975361	101	-0,34807	101	0,035476	101
-0,191006	102	-0,127827	102	0,225109	102
0,624007	103	0,283663	103	0,441021	103
1,011047	104	0,723727	104	0,475625	104
0,685255	105	0,613819	105	0,181024	105
0,100584	106	-0,014492	106	-0,252959	106
-0,078417	107	-0,374003	107	-0,574167	107
0,197349	108	-0,197447	108	-0,690784	108
0,506715	109	-0,005396	109	-0,538436	109

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
0,62061	110	-0,096986	110	0,024923	110
0,733906	111	-0,16808	111	0,734225	111
0,946558	112	0,10092	112	0,827726	112
0,989808	113	0,495095	113	0,158111	113
0,776697	114	0,507769	114	-0,492392	114
0,420564	115	0,018093	115	-0,537906	115
-0,107573	116	-0,56941	116	-0,169662	116
-0,617353	117	-0,840707	117	0,142284	117
-0,798853	118	-0,734471	118	0,265832	118
-0,812171	119	-0,328631	119	0,413918	119
-0,932713	120	0,276013	120	0,607223	120
-0,858094	121	0,747829	121	0,593828	121
-0,101813	122	0,695553	122	0,305735	122
0,815783	123	0,154184	123	-0,137556	123
0,67381	124	-0,388485	124	-0,619299	124
-0,45214	125	-0,518441	125	-0,932978	125
-1,143054	126	-0,284278	126	-0,846124	126
-0,666314	127	0,086796	127	-0,33218	127
0,25844	128	0,551533	128	0,234584	128
0,566057	129	0,909484	129	0,379535	129
0,230052	130	0,750461	130	0,199632	130
-0,164947	131	0,156874	131	0,143967	131
-0,591778	132	-0,369598	132	0,247402	132
-1,023284	133	-0,597634	133	0,200408	133
-1,00046	134	-0,592599	134	0,009924	134
-0,417531	135	-0,445429	135	0,040443	135
0,352144	136	-0,213349	136	0,312688	136
0,865845	137	-0,01181	137	0,381772	137
0,836568	138	-0,030678	138	0,103962	138
0,439775	139	-0,189116	139	-0,155779	139
0,152687	140	-0,158937	140	-0,163252	140
0,143418	141	0,019007	141	-0,044505	141
0,235897	142	0,039973	142	0,073481	142
0,421472	143	-0,077868	143	0,113591	143
0,956955	144	-0,114584	144	-0,082843	144
1,727989	145	0,014295	145	-0,463118	145
1,863996	146	0,243842	146	-0,65105	146

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
0,598917	147	0,457301	147	-0,430024	147
-1,392838	148	0,632936	148	-0,033041	148
-2,414082	149	0,731928	149	0,16229	149
-1,731353	150	0,527286	150	0,060663	150
-0,132269	151	-0,046066	151	-0,098345	151
1,073825	152	-0,556825	152	-0,064402	152
0,977065	153	-0,542072	153	0,060084	153
-0,098426	154	-0,175623	154	-0,051455	154
-0,886232	155	0,060878	155	-0,366316	155
-0,802058	156	0,031779	156	-0,50533	156
-0,443117	157	-0,115302	157	-0,320972	157
-0,401203	158	-0,218531	158	0,092397	158
-0,541985	159	-0,225951	159	0,702946	159
-0,262514	160	-0,147193	160	1,362008	160
0,843332	161	0,056753	161	1,595338	161
1,955709	162	0,226385	162	1,056578	162
1,80921	163	-0,013491	163	0,15805	163
0,4111	164	-0,503811	164	-0,349812	164
-1,324677	165	-0,591952	165	-0,390613	165
-2,307944	166	-0,137193	166	-0,409299	166
-1,864415	167	0,371374	167	-0,536563	167
-0,352103	168	0,52782	168	-0,527228	168
1,17817	169	0,487752	169	-0,21242	169
1,534862	170	0,49438	170	0,182978	170
0,576774	171	0,336444	171	0,208988	171
-0,443131	172	-0,064357	172	-0,143719	172
-0,651278	173	-0,354788	173	-0,442833	173
-0,433859	174	-0,31949	174	-0,557877	174
-0,489736	175	-0,108645	175	-0,644909	175
-0,87025	176	0,039751	176	-0,569588	176
-1,031035	177	0,186065	177	-0,04587	177
-0,546902	178	0,499151	178	0,672997	178
0,468414	179	0,630593	179	0,937358	179
1,518877	180	0,161351	180	0,495002	180
1,864362	181	-0,631257	181	-0,31661	181
0,982218	182	-1,154095	182	-0,855461	182
-0,331049	183	-1,050004	183	-0,746873	183

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
-0,482345	184	-0,348809	184	-0,258703	184
0,821137	185	0,556129	185	0,176595	185
2,051978	186	1,18434	186	0,428415	186
1,674655	187	1,093757	187	0,525886	187
0,1016	188	0,175865	188	0,46287	188
-1,090818	189	-0,818372	189	0,203776	189
-1,31637	190	-0,841701	190	-0,102128	190
-1,10638	191	0,217819	191	-0,206409	191
-1,017693	192	1,232859	192	-0,111199	192
-1,029619	193	0,982465	193	0,074206	193
-0,880289	194	-0,366764	194	0,250098	194
-0,723865	195	-1,47618	195	0,238364	195
-0,593526	196	-1,501583	196	0,046139	196
0,094355	197	-0,847988	197	-0,015285	197
1,434233	198	-0,189425	198	0,109025	198
2,17358	199	0,290642	199	0,05723	199
1,106547	200	0,414524	200	-0,205085	200
-0,83717	201	0,048442	201	-0,296843	201
-1,384291	202	-0,368566	202	-0,0277	202
0,237905	203	-0,355917	203	0,427667	203
2,277887	204	0,138957	204	0,650997	204
2,355409	205	0,954476	205	0,299006	205
0,279405	206	1,470546	206	-0,381821	206
-1,807548	207	0,974643	207	-0,74867	207
-2,257491	208	-0,155184	208	-0,71417	208
-1,479747	209	-0,831321	209	-0,605526	209
-0,720654	210	-0,662309	210	-0,40181	210
-0,650261	211	-0,061278	211	-0,103716	211
-1,016641	212	0,532839	212	0,039386	212
-1,16627	213	0,864092	213	-0,031597	213
-0,682643	214	0,720814	214	-0,133269	214
0,434317	215	0,123481	215	-0,077618	215
1,404813	216	-0,505102	216	0,130619	216
1,195586	217	-0,576755	217	0,326073	217
0,299512	218	0,066843	218	0,39157	218
0,404617	219	0,827566	219	0,361958	219
1,740619	220	0,875326	220	0,368752	220

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
2,515317	221	0,014957	221	0,562439	221
1,484725	222	-1,038349	222	0,879718	222
-0,196349	223	-1,48718	223	0,962736	223
-0,715084	224	-1,203571	224	0,640721	224
-0,260782	225	-0,526347	225	0,092141	225
-0,26473	226	0,018445	226	-0,170791	226
-0,951601	227	0,129733	227	0,33279	227
-1,421665	228	0,023865	228	0,970743	228
-1,279157	229	-0,01099	229	0,569238	229
-0,905175	230	0,075072	230	-0,826308	230
-0,665505	231	0,458025	231	-2,011256	231
-0,481608	232	1,24807	232	-2,040317	232
-0,162415	233	1,73695	233	-1,064808	233
0,158082	234	1,034133	234	-0,05108	234
0,38838	235	-0,619309	235	0,21313	235
0,70468	236	-1,86692	236	-0,185154	236
1,020938	237	-1,719136	237	-0,662145	237
1,153338	238	-0,618691	238	-0,858081	238
1,141593	239	0,29824	239	-0,650943	239
0,817562	240	0,37569	240	-0,051955	240
0,016276	241	-0,05453	241	0,386625	241
-0,788474	242	-0,235105	242	0,044797	242
-0,882128	243	0,074789	243	-0,57688	243
-0,208173	244	0,708947	244	-0,455054	244
0,54494	245	1,201133	245	0,379202	245
0,741831	246	0,76153	246	1,110313	246
0,289446	247	-0,4874	247	1,317908	247
-0,583015	248	-1,32097	248	1,027369	248
-1,428101	249	-1,163049	249	0,648616	249
-1,702436	250	-0,462078	250	0,7284	250
-1,207954	251	0,347112	251	0,960077	251
-0,346152	252	0,922609	252	0,789059	252
0,182784	253	0,882274	253	0,486516	253
0,071542	254	0,358519	254	0,22687	254
-0,340607	255	-0,17175	255	-0,246958	255
-0,48454	256	-0,312216	256	-0,819744	256
-0,095489	257	0,351393	257	-1,153728	257

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
0,580738	258	1,387093	258	-1,129786	258
1,112147	259	1,284407	259	-0,860565	259
1,297664	260	-0,170068	260	-0,490433	260
1,374339	261	-1,298972	261	0,078738	261
1,652617	262	-1,062059	262	0,801324	262
1,805791	263	-0,031929	263	0,999427	263
1,293405	264	0,697472	264	0,310472	264
0,157419	265	0,578712	265	-0,555425	265
-0,92564	266	-0,09369	266	-0,805469	266
-1,218531	267	-0,732228	267	-0,332531	267
-0,930845	268	-1,095717	268	0,569993	268
-0,870564	269	-1,18857	269	1,340278	269
-1,196681	270	-0,821722	270	1,286873	270
-1,409551	271	0,054599	271	0,300927	271
-1,072575	272	0,82337	272	-0,883781	272
-0,219994	273	0,858445	273	-1,367495	273
0,548105	274	0,303714	274	-0,873098	274
0,599714	275	-0,307504	275	0,120684	275
0,185892	276	-0,565484	276	0,822045	276
0,019688	277	-0,310479	277	0,676613	277
0,208311	278	0,379637	278	-0,050954	278
0,374067	279	1,187209	279	-0,68053	279
0,389578	280	1,52112	280	-1,059706	280
0,382726	281	0,985945	281	-1,220214	281
0,038482	282	-0,006773	282	-0,967893	282
-0,795359	283	-0,740334	283	-0,242423	283
-1,339145	284	-1,034784	284	0,626221	284
-1,050728	285	-0,873575	285	0,909914	285
-0,308177	286	-0,368921	286	0,292535	286
0,37795	287	-0,158734	287	-0,48953	287
0,767386	288	-0,286077	288	-0,564713	288
0,703333	289	0,104052	289	0,212636	289
0,347125	290	0,841005	290	1,195443	290
0,21398	291	0,609523	291	1,275193	291
0,461556	292	-0,610959	292	0,248891	292
0,745038	293	-1,388723	293	-0,539976	293
0,942942	294	-1,094735	294	-0,096648	294

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
1,261479	295	-0,334787	295	0,688713	295
1,49603	296	0,351204	296	0,517016	296
1,046958	297	1,009218	297	-0,438716	297
-0,093914	298	1,527693	298	-1,063712	298
-1,075454	299	1,257402	299	-0,793867	299
-1,271846	300	0,120522	300	0,058625	300
-0,898381	301	-0,908352	301	0,885173	301
-0,440722	302	-0,931225	302	1,066869	302
-0,250321	303	0,08554	303	0,299669	303
-0,429404	304	1,089987	304	-0,780782	304
-0,709081	305	0,806482	305	-1,175348	305
-0,790211	306	-0,371285	306	-0,706245	306
-0,729591	307	-0,893481	307	0,008579	307
-0,70478	308	-0,451618	308	0,328551	308
-0,682853	309	-0,029794	309	0,430235	309
-0,491059	310	-0,211562	310	0,850901	310
0,0985	311	-0,656066	311	1,125958	311
1,037107	312	-0,814464	312	0,53335	312
1,584332	313	-0,60987	313	-0,57455	313
1,166058	314	-0,329285	314	-1,136534	314
0,121431	315	-0,108834	315	-0,511225	315
-0,963417	316	0,296264	316	0,56396	316
-1,630486	317	0,973519	317	0,740954	317
-1,530162	318	1,390723	318	-0,11446	318
-0,757277	319	1,522505	319	-0,9142	319
0,173431	320	2,107805	320	-0,919007	320
0,898627	321	2,583959	321	-0,363336	321
1,27237	322	1,372338	322	0,271274	322
1,081366	323	-1,062685	323	0,716618	323
0,451698	324	-2,476014	324	0,773295	324
0,042361	325	-2,203989	325	0,276503	325
0,318472	326	-1,439124	326	-0,561994	326
1,010513	327	-0,960432	327	-0,894943	327
1,340704	328	-0,698016	328	-0,116075	328
0,789471	329	-0,520692	329	0,904615	329
-0,365794	330	-0,456676	330	0,827817	330
-1,270422	331	-0,538232	331	-0,156644	331

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
-1,246508	332	-0,373638	332	-0,915732	332
-0,646532	333	0,485667	333	-0,956242	333
-0,270229	334	1,14111	334	-0,496715	334
-0,009144	335	0,319065	335	0,083367	335
0,536186	336	-1,332534	336	0,502369	336
0,936164	337	-2,112519	337	0,538539	337
0,673933	338	-1,435605	338	0,223948	338
-0,030843	339	-0,031645	339	-0,056597	339
-0,641688	340	1,250404	340	-0,040065	340
-0,862911	341	2,021974	341	0,198428	341
-0,78927	342	2,052407	342	0,621674	342
-0,56962	343	1,491741	343	1,326163	343
-0,204191	344	1,107781	344	1,973914	344
0,150452	345	1,55801	345	1,64429	345
0,330263	346	2,325503	346	-0,044319	346
0,36751	347	1,951729	347	-2,077144	347
0,234823	348	-0,013022	348	-2,956526	348
0,01256	349	-2,135211	349	-2,232546	349
0,076345	350	-2,740824	350	-0,814892	350
0,627377	351	-1,888597	351	0,364462	351
1,250653	352	-0,851852	352	1,112726	352
1,130444	353	-0,293756	353	1,11918	353
0,10253	354	-0,144609	354	0,182557	354
-0,875315	355	0,032707	355	-0,945032	355
-1,017532	356	0,502248	356	-1,276937	356
-0,636669	357	0,626627	357	-0,571506	357
-0,39675	358	-0,075857	358	0,359494	358
-0,484419	359	-0,902485	359	0,338418	359
-0,610281	360	-1,006527	360	-0,69009	360
-0,433458	361	-0,43202	361	-1,485113	361
0,104251	362	0,478966	362	-1,046806	362
0,729478	363	1,374115	363	0,253768	363
0,954892	364	1,313487	364	1,224425	364
0,551691	365	-0,136829	365	1,329695	365
-0,093702	366	-1,741532	366	1,088741	366
-0,467147	367	-2,163266	367	1,052944	367
-0,390293	368	-1,467953	368	1,270851	368

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
0,001819	369	-0,433799	369	1,48922	369
0,296196	370	0,412859	370	1,374683	370
0,219642	371	0,818493	371	0,767306	371
0,007943	372	0,764966	372	-0,251265	372
-0,065333	373	0,605576	373	-1,088774	373
-0,07844	374	0,715031	374	-1,038346	374
-0,202364	375	0,95712	375	-0,523004	375
-0,393977	376	0,892995	376	-0,253818	376
-0,409023	377	0,525568	377	-0,020038	377
-0,170221	378	0,262911	378	0,103765	378
0,023916	379	0,371631	379	-0,365365	379
-0,078226	380	0,587757	380	-0,974327	380
-0,326788	381	0,303653	381	-0,921627	381
-0,371642	382	-0,277843	382	-0,303453	382
-0,058736	383	-0,443865	383	0,374634	383
0,421971	384	-0,335551	384	0,830887	384
0,840974	385	-0,023336	385	0,83708	385
1,06974	386	0,919456	386	0,526307	386
1,00313	387	1,774631	387	0,162155	387
0,757171	388	1,183816	388	-0,223498	388
0,560508	389	-0,747342	389	-0,400335	389
0,310291	390	-2,367525	390	-0,471298	390
-0,230237	391	-2,437712	391	-0,91543	391
-0,871595	392	-1,44694	392	-1,466538	392
-1,189766	393	-0,461064	393	-1,372218	393
-1,064391	394	0,195069	394	-0,553956	394
-0,566093	395	0,485724	395	0,46285	395
0,096248	396	0,213254	396	1,287504	396
0,400282	397	-0,579517	397	1,477331	397
0,137115	398	-1,283572	398	0,731877	398
-0,265789	399	-1,090448	399	-0,285258	399
-0,456523	400	-0,072765	400	-0,677272	400
-0,356749	401	0,686352	401	-0,446512	401
0,053123	402	0,785899	402	0,013684	402
0,480328	403	0,957793	403	0,552955	403
0,564586	404	1,46365	404	0,816397	404
0,443735	405	1,621166	405	0,374994	405

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
0,350857	406	1,069064	406	-0,518303	406
0,162969	407	0,447811	407	-1,001359	407
-0,197747	408	0,090927	408	-0,560448	408
-0,509354	409	-0,544527	409	0,296367	409
-0,518899	410	-1,34995	410	0,86786	410
-0,16128	411	-1,518469	411	1,168666	411
0,281437	412	-0,801191	412	1,343396	412
0,357653	413	0,406025	413	1,035021	413
0,016451	414	1,152935	414	0,083587	414
-0,391866	415	0,544099	415	-0,913091	415
-0,57072	416	-0,876315	416	-1,228686	416
-0,408312	417	-1,648747	417	-0,734071	417
0,067427	418	-1,285013	418	-0,042242	418
0,654477	419	-0,433506	419	0,293142	419
0,957147	420	0,279965	420	0,394801	420
0,702082	421	0,750205	421	0,399822	421
0,167697	422	0,953398	422	0,159755	422
-0,169975	423	0,634902	423	-0,385201	423
-0,275225	424	-0,02717	424	-1,083807	424
-0,35188	425	-0,317998	425	-1,498925	425
-0,385136	426	-0,044814	426	-1,121627	426
-0,248217	427	0,452317	427	-0,117766	427
0,009301	428	0,997152	428	0,537306	428
0,220912	429	1,374728	429	0,32197	429
0,280629	430	1,217391	430	-0,167336	430
0,166586	431	0,555304	431	-0,286608	431
-0,070995	432	-0,111349	432	-0,107966	432
-0,31343	433	-0,426083	433	0,005958	433
-0,38539	434	-0,393148	434	-0,070188	434
-0,07059	435	-0,276679	435	-0,172468	435
0,526427	436	-0,345482	436	0,003719	436
0,693634	437	-0,375191	437	0,59527	437
0,095429	438	-0,267656	438	1,286544	438
-0,564014	439	-0,414493	439	1,544793	439
-0,65331	440	-0,728166	440	1,117844	440
-0,358471	441	-0,838893	441	0,264565	441
-0,136239	442	-0,69948	442	-0,475213	442

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
-0,11996	443	-0,330365	443	-0,522106	443
-0,095885	444	0,163193	444	0,275576	444
0,114772	445	0,569472	445	1,239099	445
0,360069	446	0,638209	446	1,440348	446
0,379137	447	0,187975	447	0,440444	447
0,169899	448	-0,438665	448	-1,10591	448
-0,097856	449	-0,653077	449	-1,91887	449
-0,289537	450	-0,434978	450	-1,690269	450
-0,224065	451	-0,047642	451	-1,107646	451
0,233166	452	0,433799	452	-0,593519	452
0,759106	453	0,896796	453	-0,184043	453
0,793299	454	1,131952	454	-0,122252	454
0,258277	455	0,80455	455	-0,440712	455
-0,375858	456	-0,145297	456	-0,482023	456
-0,635679	457	-0,956111	457	0,174712	457
-0,491722	458	-0,942151	458	0,946653	458
-0,244022	459	-0,484054	459	1,131571	459
0,00566	460	-0,169865	460	0,811216	460
0,384253	461	0,071049	461	0,38169	461
0,658069	462	0,255025	462	0,017535	462
0,386749	463	0,093401	463	-0,06216	463
-0,289779	464	-0,261221	464	0,211595	464
-0,826481	465	-0,349529	465	0,310841	465
-0,943964	466	-0,098111	466	-0,119584	466
-0,683256	467	0,340013	467	-0,66698	467
-0,184912	468	0,903166	468	-0,814681	468
0,382743	469	1,205432	469	-0,504767	469
0,731682	470	0,79797	470	-0,111564	470
0,59634	471	0,046496	471	-0,044051	471
0,129708	472	-0,300268	472	-0,321078	472
-0,229523	473	-0,110897	473	-0,652479	473
-0,273253	474	0,063512	474	-0,721755	474
-0,140182	475	-0,212173	475	-0,380722	475
-0,002146	476	-0,653598	476	0,33509	476
0,15637	477	-0,750484	477	1,343681	477
0,377606	478	-0,357847	478	2,233043	478
0,555924	479	0,345256	479	2,206479	479

Amplitud [v]	# Datos
0,527186	480
0,240915	481

Amplitud [v]	# Datos
0,815291	480
0,55148	481
0,017158	482
0,045743	483
0,401115	484
0,295257	485
-0,175207	486
-0,293538	487
-0,001337	488
-0,000806	489
-0,649873	490
-1,375478	491
-1,431482	492
-0,85344	493
-0,240608	494
0,074829	495
0,198075	496
0,300075	497
0,45842	498
0,55364	499
0,378958	500
0,120393	501
0,066038	502
0,131781	503
0,242121	504
0,285045	505
0,059491	506
-0,183983	507
-0,080372	508
0,241312	509
0,474497	510
0,559115	511
0,555276	512
0,455669	513
0,275786	514
0,023921	515
-0,339583	516

Amplitud [v]	# Datos
1,097583	480
-0,183161	481
-0,826391	482
-0,875963	483
-0,700914	484
-0,513903	485
-0,259995	486
0,115755	487
0,302683	488
-0,009433	489
-0,578609	490
-0,870019	491
-0,664426	492
-0,179769	493
0,235669	494
0,344244	495
0,125419	496
-0,133851	497
-0,120283	498
0,072976	499
0,155147	500
0,070691	501
0,027989	502
0,217532	503
0,55829	504
0,858291	505
0,812716	506
0,068195	507
-1,033616	508
-1,518854	509
-0,851358	510
0,555857	511
1,493905	512
1,063618	513
-0,065506	514
-0,722853	515
-0,742774	516

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
-0,689996	517	-0,479647	517
-0,820106	518	-0,142007	518
-0,502432	519	0,074951	519
0,227982	520	0,021036	520
0,587137	521	-0,094696	521
0,08727	522	-0,128276	522
-0,573963	523	-0,363196	523
-0,641833	524	-0,744292	524
-0,228553	525	-0,663008	525
0,136604	526	0,121087	526
0,196426	527	1,001923	527
0,13	528	1,274504	528
0,236429	529	0,877268	529
0,477579	530	0,143285	530
0,500896	531	-0,467228	531
0,105631	532	-0,569121	532
-0,568506	533	-0,261617	533
-1,035541	534	0,04004	534
-0,736956	535	0,177133	535
0,203503	536	0,376014	536
0,873482	537	0,74074	537
0,578314	538	0,845745	538
-0,249894	539	0,243667	539
-0,577593	540	-0,695751	540
-0,056148	541	-1,052627	541
0,673901	542	-0,603399	542
0,730417	543	0,032546	543
0,010433	544	0,339702	544
-0,697097	545	0,102665	545
-0,7472	546	-0,413173	546
-0,340227	547	-0,525638	547
-0,147425	548	-0,211926	548
-0,366018	549	-0,003002	549
-0,484597	550	-0,021486	550
-0,108129	551	0,00148	551
0,623008	552	0,290638	552
1,327112	553	0,686497	553

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
1,542875	554	0,71583	554
0,953699	555	0,208641	555
-0,164156	556	-0,447034	556
-0,914288	557	-0,765017	557
-0,729806	558	-0,64006	558
-0,161254	559	-0,286589	559
0,023005	560	0,151849	560
-0,156124	561	0,55467	561
-0,321847	562	0,619019	562
-0,314249	563	0,239389	563
-0,092785	564	-0,246665	564
0,276955	565	-0,448731	565
0,42549	566	-0,316305	566
0,053718	567	-0,091588	567
-0,578464	568	0,109463	568
-0,860206	569	0,395358	569
-0,370105	570	0,643507	570
0,518268	571	0,606467	571
0,834055	572	0,37079	572
0,365914	573	0,061743	573
-0,117722	574	-0,291955	574
-0,178448	575	-0,540311	575
-0,026444	576	-0,619305	576
0,101746	577	-0,493674	577
0,138787	578	-0,074594	578
0,097755	579	0,347054	579
-0,021531	580	0,338137	580
-0,153111	581	-0,003009	581
-0,21087	582	-0,304377	582
-0,259237	583	-0,428632	583
-0,359593	584	-0,408377	584
-0,382224	585	-0,147111	585
-0,064169	586	0,454486	586
0,466142	587	0,876298	587
0,60673	588	0,456129	588
0,224294	589	-0,421637	589
-0,128482	590	-0,795217	590

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
-0,078988	591	-0,489517	591
0,170247	592	-0,120996	592
0,28702	593	0,020873	593
0,222811	594	0,167892	594
0,213694	595	0,385975	595
0,478354	596	0,48875	596
0,712161	597	0,289226	597
0,344778	598	-0,121604	598
-0,520934	599	-0,36203	599
-1,22113	600	-0,279954	600
-1,357347	601	-0,00403	601
-0,8975	602	0,382777	602
-0,015452	603	0,702438	603
0,738422	604	0,698982	604
0,728855	605	0,396169	605
0,045752	606	0,059431	606
-0,52006	607	-0,100748	607
-0,461025	608	-0,090598	608
-0,026195	609	-0,05953	609
0,298546	610	-0,107867	610
0,423682	611	-0,226222	611
0,57559	612	-0,361225	612
0,671583	613	-0,438835	613
0,436896	614	-0,422834	614
0,046257	615	-0,415942	615
-0,151326	616	-0,474152	616
-0,178452	617	-0,481461	617
-0,253392	618	-0,314111	618
-0,369816	619	0,058761	619
-0,34606	620	0,448057	620
-0,248662	621	0,546799	621
-0,246802	622	0,262917	622
-0,241395	623	-0,239044	623
-0,138927	624	-0,603212	624
-0,023813	625	-0,510629	625
0,047473	626	0,051857	626
0,110169	627	0,823787	627

Amplitud [v]	# Datos	Amplitud [v]	# Datos
0,294611	628	1,262686	628
0,674901	629	0,923009	629
0,926026	630	0,124543	630
0,563626	631	-0,407552	631
-0,264056	632	-0,459223	632
-0,841306	633	-0,322482	633
-0,827935	634	-0,178382	634
-0,521033	635	0,085542	635
-0,206117	636	0,469583	636
0,133452	637	0,572119	637
0,421138	638	0,157237	638
0,418601	639	-0,349024	639
0,092212	640	-0,468628	640
-0,271255	641	-0,267647	641
-0,369852	642	-0,091964	642
-0,235101	643	-0,03	643
-0,07812	644	0,11655	644
0,06469	645	0,28534	645
0,278196	646	0,181831	646
0,453219	647	-0,142577	647
0,315856	648	-0,414065	648
-0,047853	649	-0,52204	649
-0,156926	650	-0,467968	650
0,098385	651	-0,238887	651
0,335437	652	0,183396	652
0,318966	653	0,654441	653
0,058925	654	0,804122	654
-0,297736	655	0,383628	655
-0,441212	656	-0,316564	656
-0,271959	657	-0,680225	657
-0,049139	658	-0,490996	658
0,005205	659	-0,048499	659
-0,096747	660	0,3062	660
-0,172641	661	0,395001	661
0,011204	662	0,181519	662
0,388657	663	-0,220455	663
0,515174	664	-0,530303	664

Amplitud [v]	# Datos
0,184115	665
-0,294157	666
-0,577573	667
-0,609052	668
-0,439468	669
0,000007	670
0,637828	671
0,950545	672
0,589095	673
-0,02861	674
-0,343054	675
-0,334373	676
-0,251882	677
-0,170595	678
-0,080132	679
-0,071551	680
-0,177633	681
-0,239723	682
-0,142581	683
0,038385	684
0,249301	685
0,571016	686
0,968074	687
1,039661	688
0,460868	689
-0,365399	690
-0,749433	691
-0,628799	692
-0,437249	693
-0,38305	694
-0,359365	695
-0,276595	696
-0,1411	697
-0,029626	698
-0,049698	699
-0,162886	700
-0,182355	701

Amplitud [v]	# Datos
-0,507618	665
-0,233826	666
0,023595	667
0,22362	668
0,574918	669
0,960992	670
0,873976	671
0,228269	672
-0,400871	673
-0,528055	674
-0,297387	675
-0,055921	676
0,160938	677
0,302031	678
0,099945	679

<i>Amplitud [v]</i>	<i># Datos</i>
0,054439	702
0,560175	703
1,008445	704
0,869231	705
0,118264	706
-0,553989	707
-0,598382	708
-0,234492	709
0,024664	710
0,067924	711
0,164271	712
0,39963	713
0,468339	714
0,157064	715
-0,321649	716
-0,653815	717
-0,67775	718
-0,305933	719