



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

## DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ELECTROMIOGRAFÍA COMPUTARIZADA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA ELECTRÓNICA

AUTOR: JARAMILLO FLORES CRISTINA SOLANGE

DIRECTOR: ING. FLAVIO PINEDA MSc.

Agosto 2015



# Temario

INTRODUCCIÓN

MARCO TEÓRICO

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ELECTROMIOGRAFÍA  
COMPUTARIZADA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

PRUEBAS Y RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# INTRODUCCIÓN



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Justificación e Importancia

Los potenciales bioeléctricos asociados con la actividad muscular constituyen el Electromiograma (EMG).

En el laboratorio de Instrumentación Biomédica no se cuenta con un electromiógrafo que permita a los estudiantes realizar mediciones y analizar las señales bioeléctricas generadas por los músculos esqueléticos.

Se ha revisado el estado del arte para analizar los trabajos relacionados con el desarrollo de prototipos de electromiografía desde el año 2003.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Justificación e Importancia

El aporte que se pretenden dar el presente proyecto al desarrollo de los equipos de electromiografía, es la incorporación de la tarjeta STM32F4 Discovery.

Generará un valor agregado en el desarrollo de las prácticas de laboratorio de los alumnos de la materia de Instrumentación Biomédica.

El sistema cuenta con una interfaz gráfica para el computador utilizando el software LabView, la misma que recepta la señal y la reproduce en tiempo real.



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

## Alcance

Realización del diseño y la implementación de un prototipo de un sistema de electromiografía computarizada portátil, haciendo uso de la tarjeta de adquisición de datos STM32F4 Discovery. El prototipo de electromiógrafo va a tener un canal de entrada y se va a comunicar con el computador por medio de un módulo Bluetooth. Además, el sistema cuenta con una interfaz gráfica para el computador utilizando el software LabView, que recepte la señal y permita visualizarla en tiempo real.



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

## Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo de Sistema de Electromiografía computarizada haciendo uso de la tarjeta de adquisición de datos STM32 F4 Discovery.

# Objetivos Específicos

Revisar el fundamento teórico y el estado del arte de prototipos de electromiógrafos implementados.

Diseñar e implementar el hardware del prototipo del electromiógrafo.

Diseñar e implementar el software del prototipo del electromiógrafo.

Realizar pruebas de desempeño y funcionamiento del prototipo.



**ESPE**

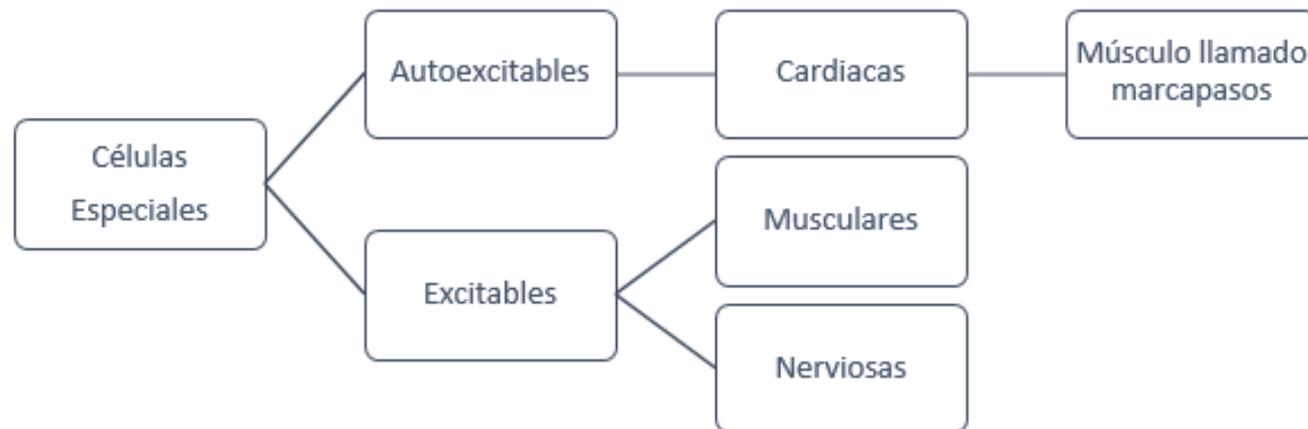
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# MARCO TEÓRICO

# Señales Bioeléctricas

Los potenciales bioeléctricos son realmente *potenciales iónicos*, producidos como resultado de la actividad electroquímica de ciertos tipos especiales de células.



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

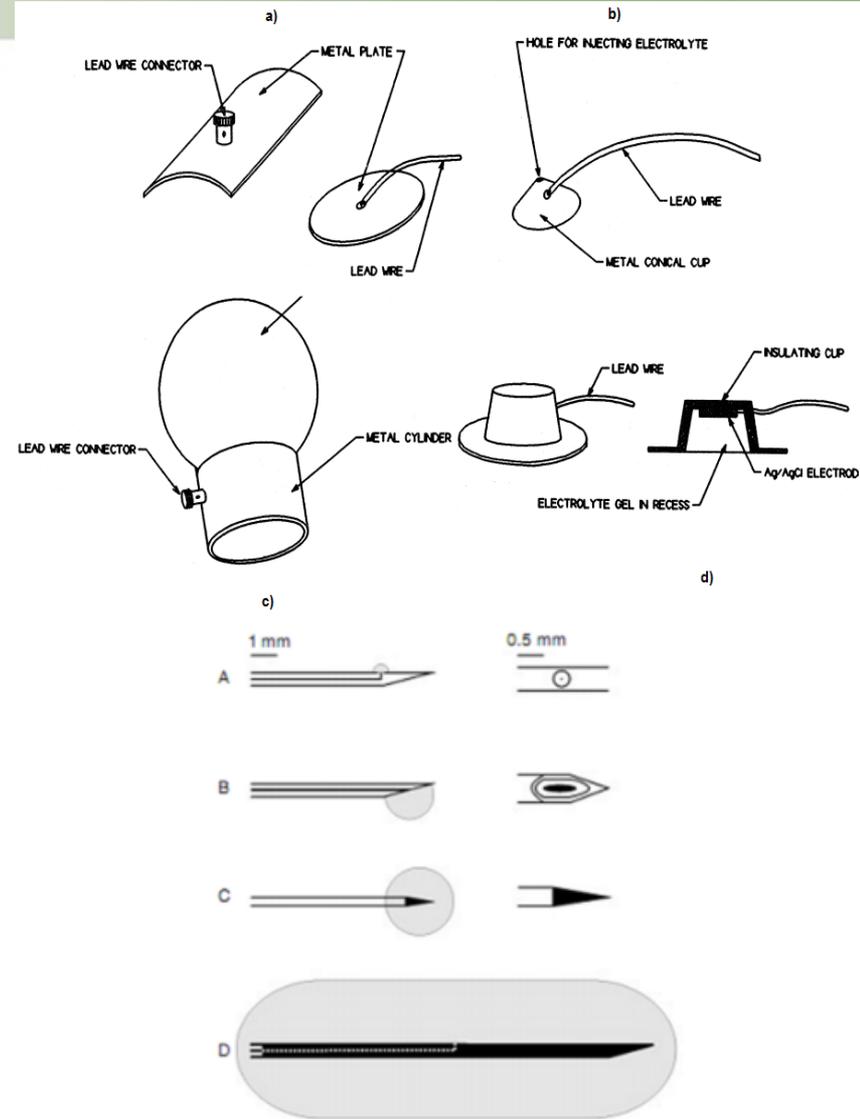
# Electrodos Biopotenciales

Para realizar las mediciones de cada una de las señales provenientes del organismo se tiene determinados tipos de electrodos, conocidos como electrodos biopotenciales.

Electrodos biopotenciales de superficie

Electrodos biopotenciales de aguja

Los electrodos se ubican siguiendo las recomendaciones del SENIAM



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

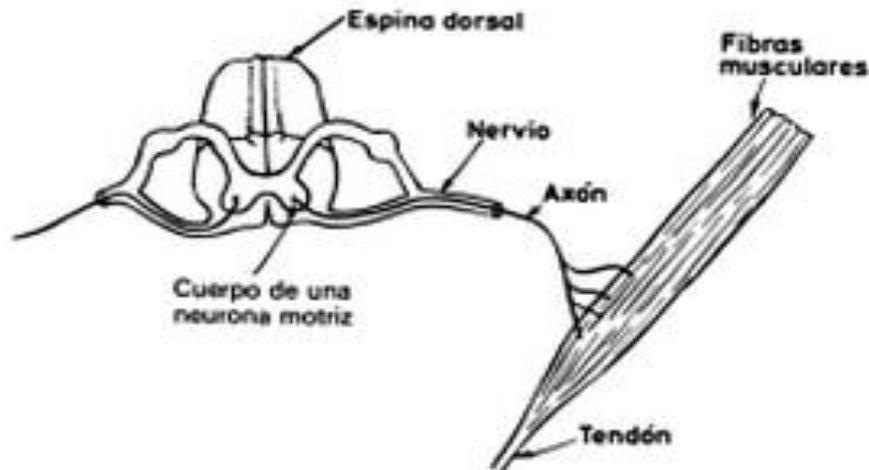
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Unidad Motora

Es el conjunto formado por la célula nerviosa motriz en la espina dorsal, su axón y las fibras musculares.

Al potencial que originan las fibras de una UM se le conoce por *potencial de acción de la unidad motora* (PAUM)



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

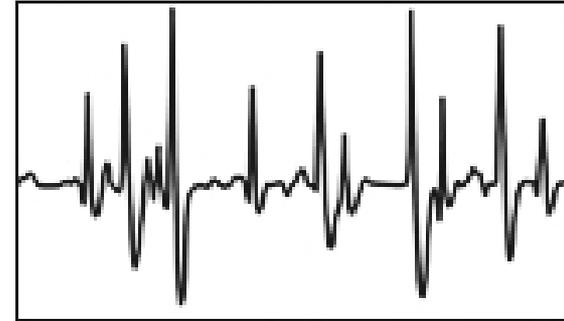
# Fundamentos de Electromiografía

La electromiografía es el estudio de la actividad eléctrica de los músculos esqueléticos.

El rango de la amplitud comúnmente está entre  $50 \mu\text{V}$  y  $5 \text{mV}$ , y su espectro de frecuencia varia de los 5 a los 500 Hz.

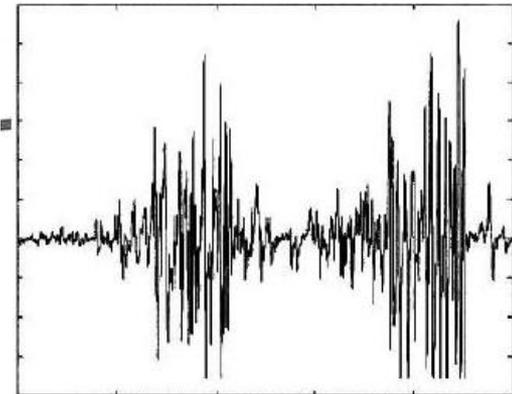
**La Electromiografía Invasiva**

**Electromiografía superficial o SEMG**



Forma de onda de electromiografía invasiva.

Fuente: (Cifuentes González, 2010)



Forma de onda SEMG

Fuente: (Bolaños Logroño & López Alarcón, 2009)



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# El Electromiógrafo

El instrumento desarrollado para detectar las señales bioeléctricas generadas por los músculos esqueléticos.

**Etapa de pre amplificación**

**Etapa de filtrado**

**Conversión análoga / digital**

**Visualización**



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

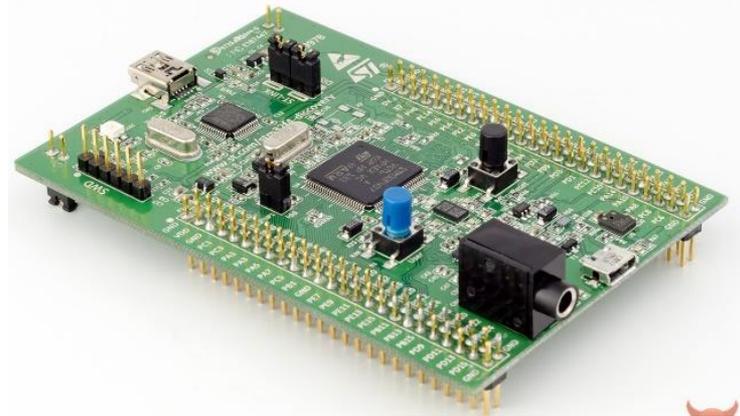
# TARJETA STM32F4DISCOVERY

Tiene un controlador de alto desempeño, Microcontrolador STM32F407VGT6 con 1 MB de memoria flash, 192 KB de RAM.

La tarjeta tiene dos puertos USB de comunicación: mini USB y micro USB

Velocidad de procesamiento de 168 MHz

El controlador soporta programación en lenguaje de alto nivel, como es Simulink de Matlab.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA DE ELECTROMIOGRAFÍA COMPUTARIZADA



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

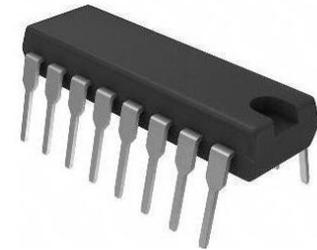
UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL



Sensores Bioeléctricos



Amplificador de Instrumentación



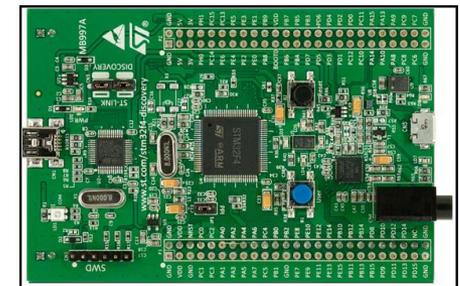
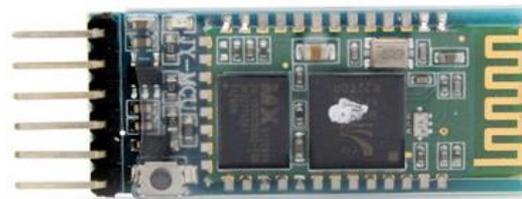
Amplificador operacional



Tarjeta de Adquisición STM32F4 Discovery



Módulo Bluetooth



# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

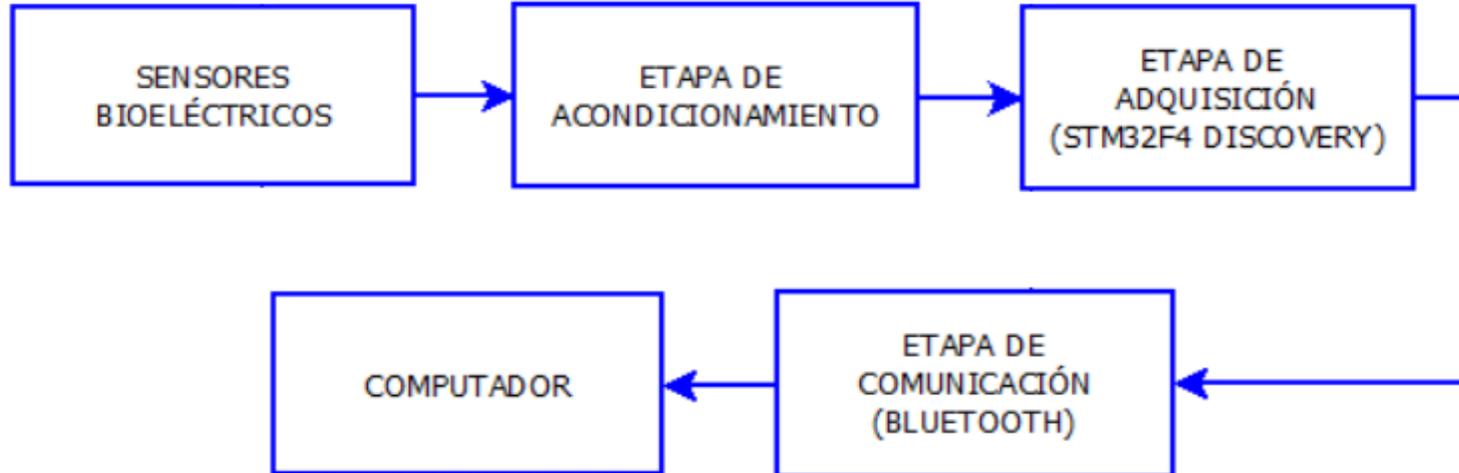


**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

## Diagrama de bloques



# Características de la Señal SEMG

Rango de Amplitud:  $50\mu\text{V}$  –  $5\text{mV}$

Rango de Frecuencia:  $5\text{Hz}$  –  $500\text{Hz}$

Ganancia máxima: 600



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Sensores Bioeléctricos

## *Requisitos de los electrodos*

Electrodos	
<b>Número</b>	3 (bipolar y referencia)
<b>Material</b>	Ag / AgCl
<b>Gel</b>	Electrolítico
<b>Adheribles</b>	Fuerte adhesivo
<b>Diámetro</b>	40 mm máximo
<b>Conector</b>	Redondo
<b>Distancia entre electrodos</b>	20 mm – 30 mm
<b>Ubicación</b>	Longitudinal
<b>Ubicación electrodo de referencia</b>	Área eléctricamente inactiva.

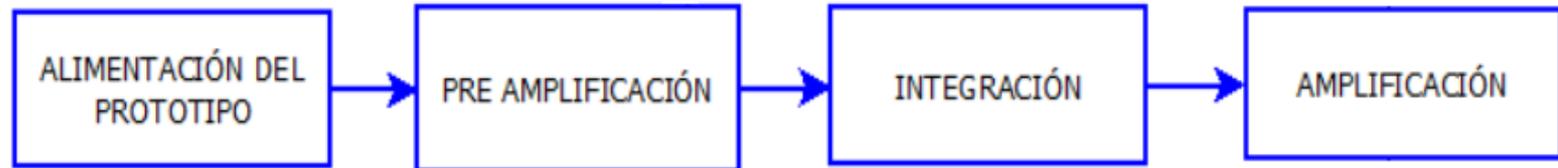


**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Etapa de Acondicionamiento de la Señal



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

## Alimentación del Sistema

Etapa de Alimentación	
Alimentación STM	5V
Alimentación amplificadores	9V
Alimentación circuito	Bipolar
Corriente	Continua

## Pre Amplificación

Etapa de Pre amplificación	
Amplificador	Instrumentación
Impedancia de entrada	$10^9 - 10^{12}$ ohmios ll 2 – 10 pF
Ganancia	25
CMRR	$\geq 90$ dB
Corriente de polarización de entrada	$\leq 20$ nA

## Etapa de integración

## Amplificación

### Etapa de integración

<b>Amplificador</b>	Operacional de propósito general
<b>Frecuencia de trabajo</b>	50Hz
<b>Entrada</b>	Señal pre amplificada
<b>Consumo de energía</b>	Bajo (menor a 2mA)

### Etapa de Amplificación

<b>Amplificador</b>	Operacional de propósito general
<b>Impedancia de entrada</b>	Alta ( $10^9 - 10^{12}$ ohmios)
<b>Ganancia</b>	20
<b>CMRR</b>	$\geq 90$ dB
<b>Consumo de energía</b>	Bajo (menor a 2mA)



**ESPE**

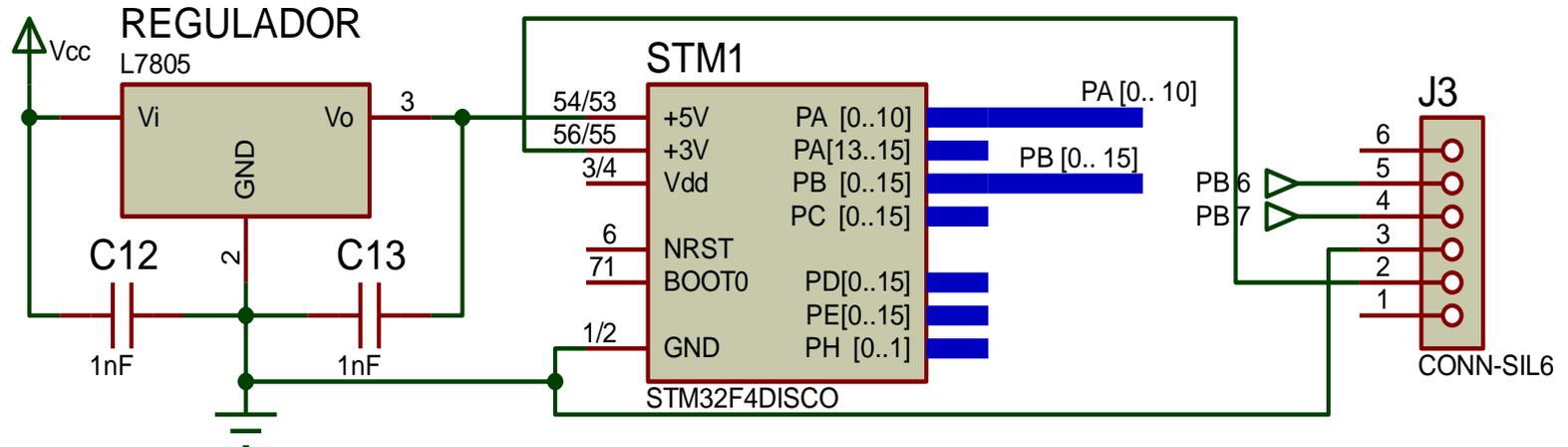
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

## Alimentación del sistema

El electromiógrafo tiene como fuente de alimentación dos baterías de 9V.

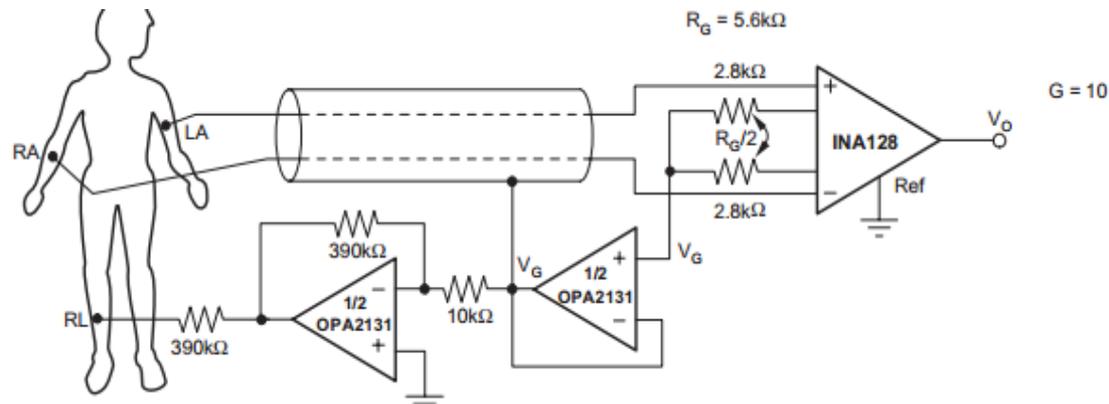
Se utilizó un regulador de voltaje, que a su entrada reciba los nueve voltios provenientes de las baterías y a la salida entregue los cinco voltios que necesita la tarjeta para trabajar.



## Etapa de pre amplificación

Se utilizó un circuito de retroalimentación de pierna derecha propuesto por el fabricante.

El circuito propuesto, sirve para evitar las corrientes de desbalance y para compensar problemas de ruido de modo común que se puedan presentar en la entrada diferencial del amplificador de instrumentación.

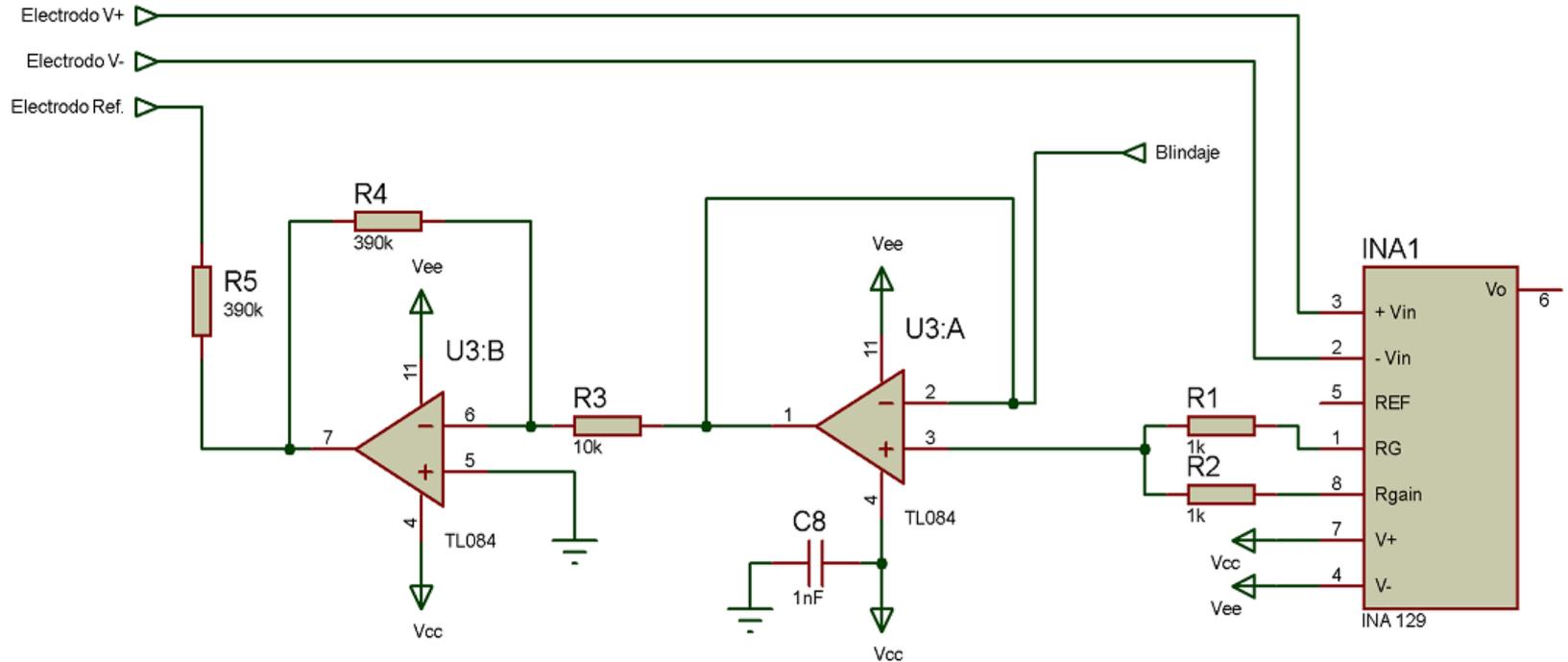


**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

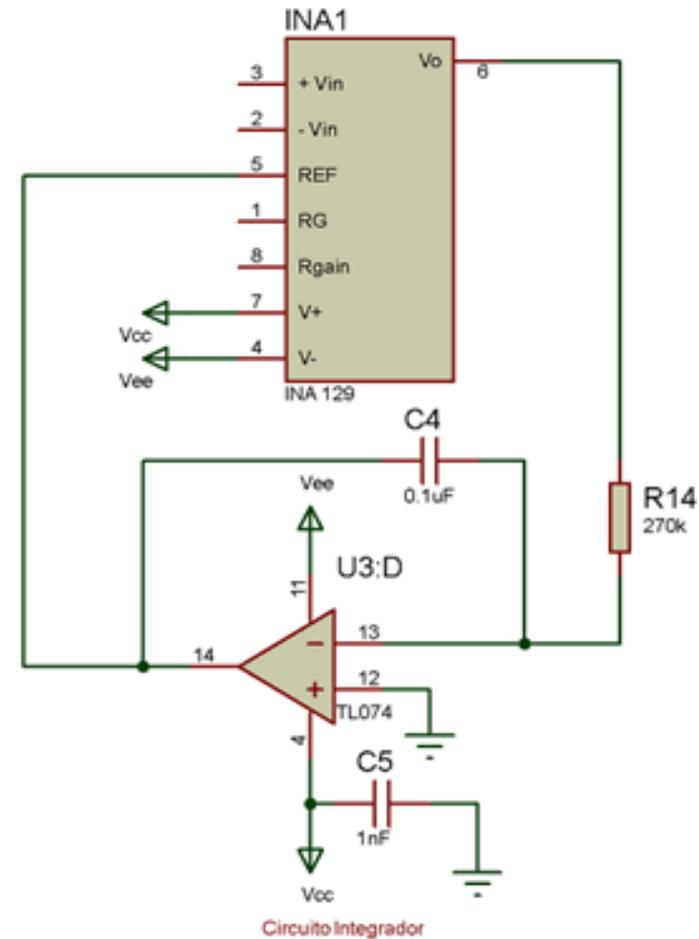
## Etapa de pre amplificación



## Etapa de Integración

Tiene la finalidad de disminuir el voltaje de offset a la salida del amplificador y evitar que el amplificador se sature.

Al eliminar voltajes de offset y posibles saturaciones la señal a la salida del integrador se convierte en la señal de referencia que se desea obtener a la salida del INA 129.

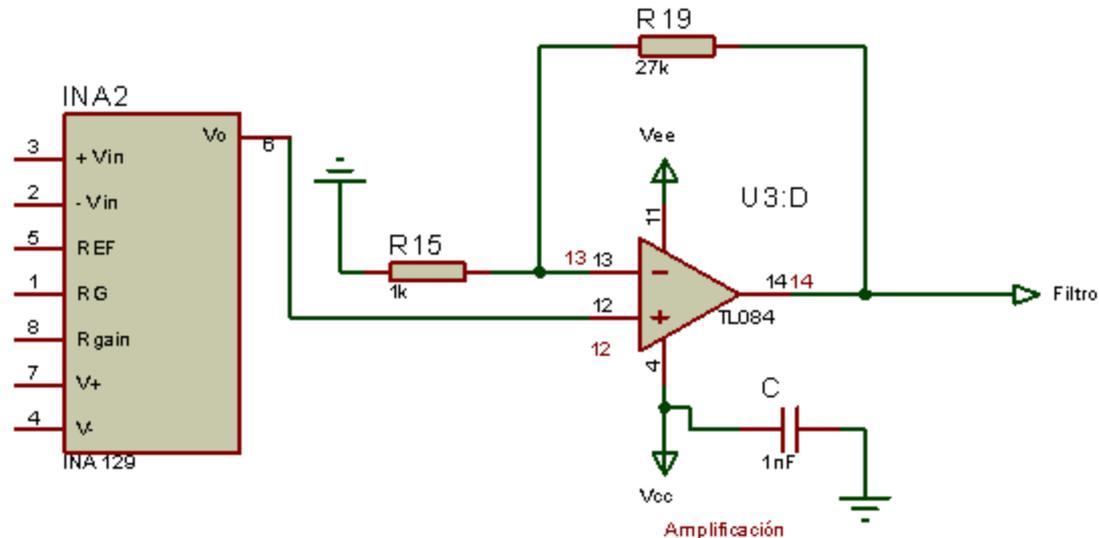


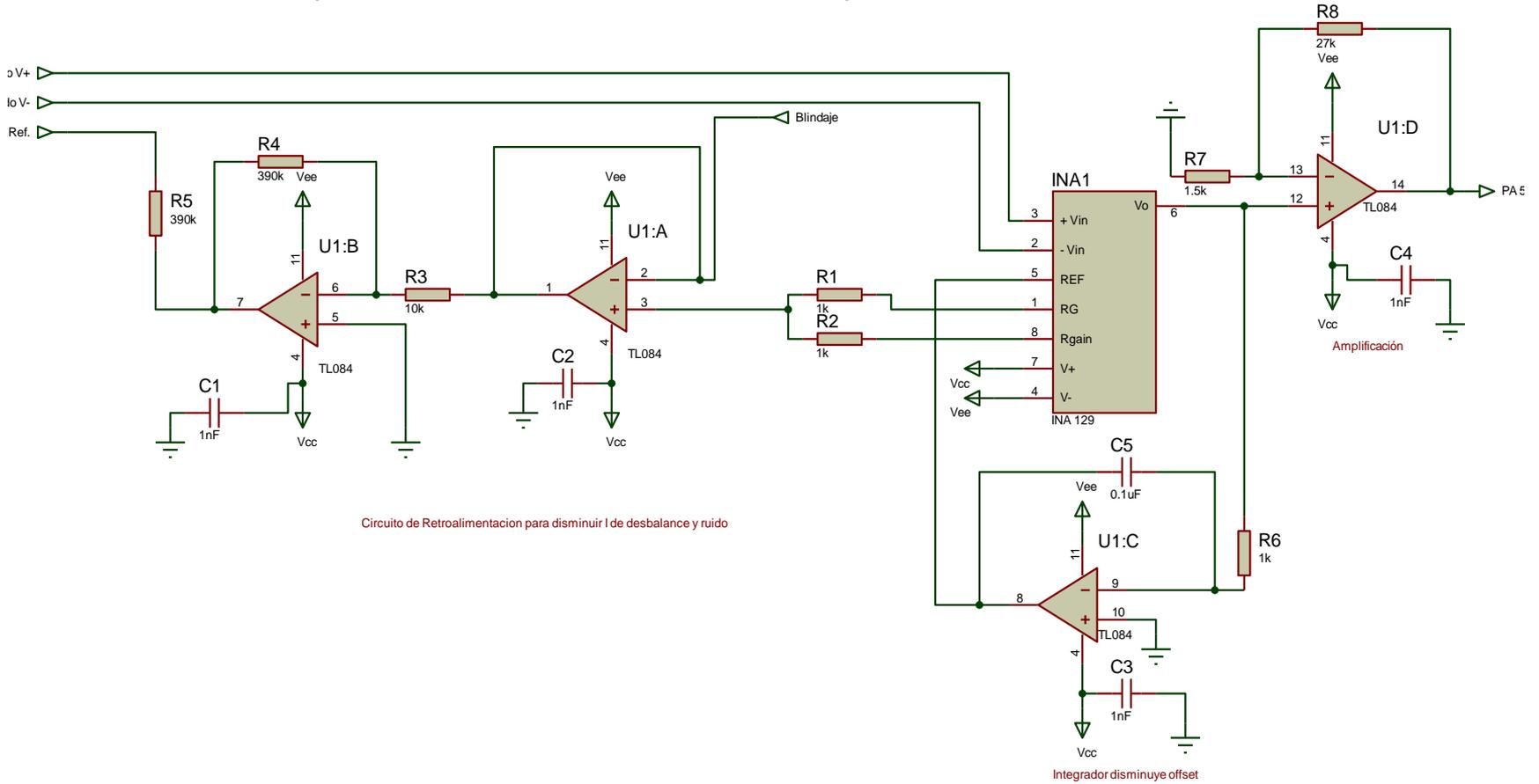
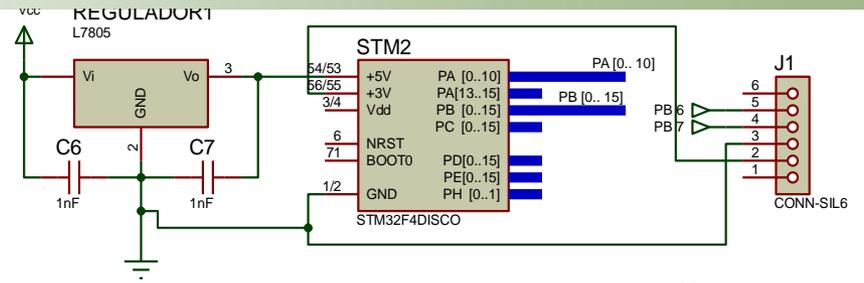
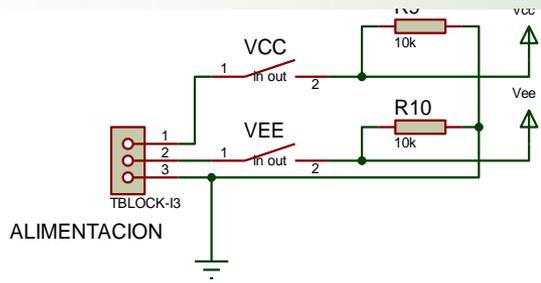
**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Etapa de Amplificación Final

A la salida del amplificador de instrumentación se tiene una última fase de amplificación que proporciona una ganancia de 20.





# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Software del Prototipo

Software para la tarjeta de adquisición

Software para la recepción de señales en el computador



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

El software del prototipo presenta varias etapas



# Software para la tarjeta de adquisición



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Adquisición de la señal

## *Requisitos*

Etapa de Muestreo y Comunicación	
Frecuencia de muestreo	$\geq 1000$ muestras / s
Programación	Simulink
Resolución del conversor	8 bits
Comunicación con PC	Serial Bluetooth



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Adquisición de la señal

Waijung: 14.05a  
Compiler: GNU ARM  
MCU: STM32F407VG  
Auto Compile Download: ON  
Full Chip Erase: OFF  
Auto run app: ON  
Execution Profiler: None  
Base Ts (sec): 0.01



Target Setup

Module: USART1\_Setup  
Baud (Bps): 9600  
DMA Buffer: 512/512  
Tx/Rx Pin: B6/B7

UART Setup

ADC Module: 1  
Output Data Type: Double  
Ts (sec): 0

AN5



Regular ADC



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Etapa de Filtrado

## *Requisitos*

Etapa de Filtrado	
<b>Tipo</b>	Butterworth
<b>Orden</b>	>2
<b>Filtro pasa alto</b>	$F_c=5$ Hz
<b>Filtro pasa bajo</b>	$F_c=500$ Hz
<b>Nivel de ruido referido a la entrada</b>	Menor a $1\mu V_{RMS}$

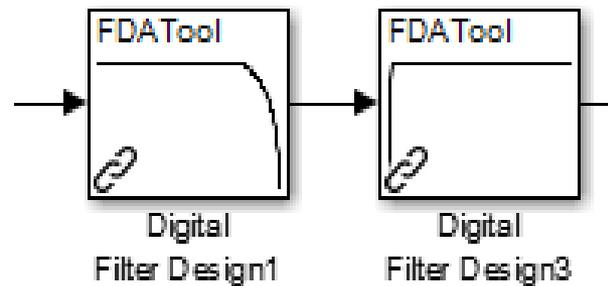


**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

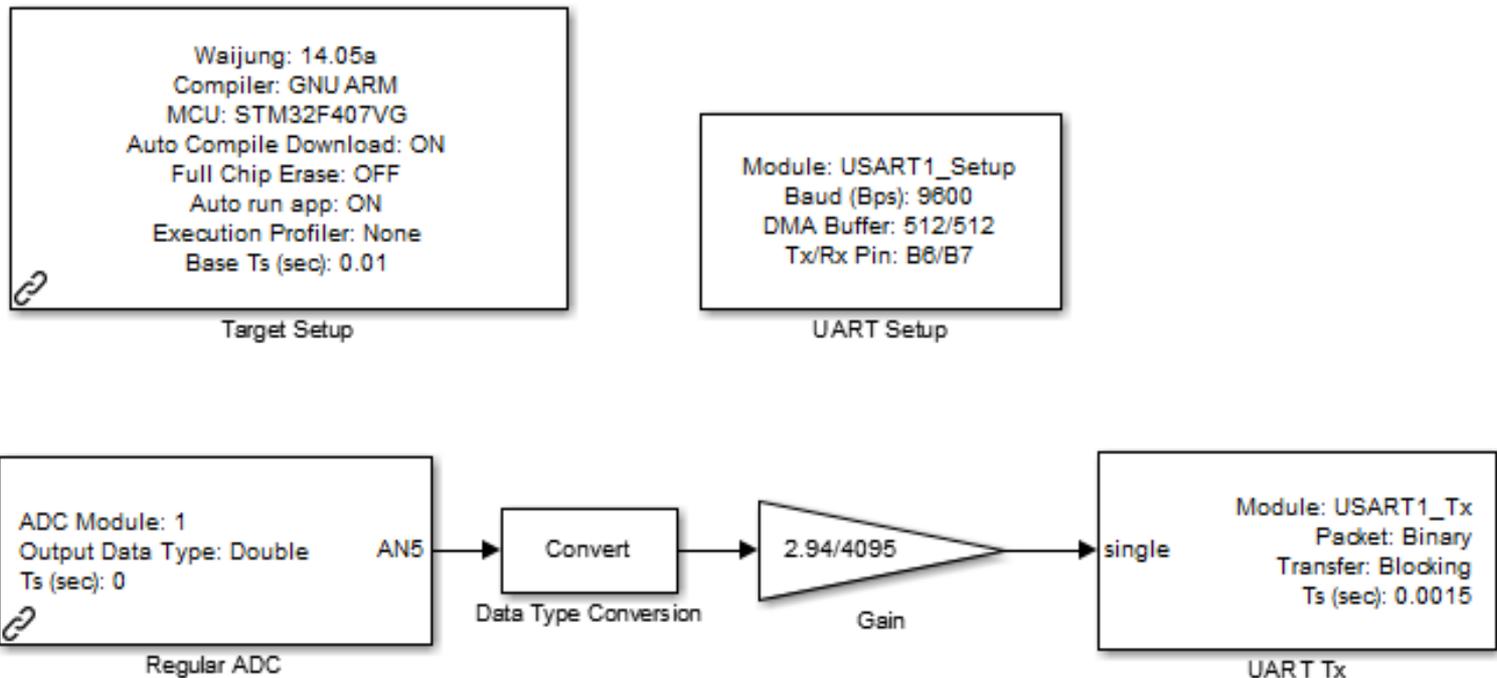
# Etapa de Filtrado



Tipo de filtro	Lowpass
Frecuencia de corte	500 Hz
Topología	Butterworth
Orden	4

Tipo de filtro	Highpass
Frecuencia de corte	5 Hz
Topología	Butterworth
Orden	4

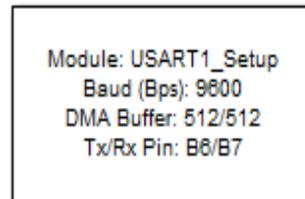
# Etapa Comunicación



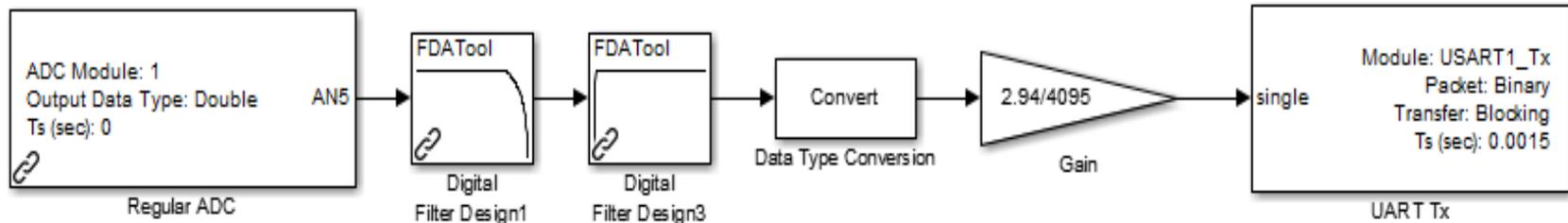
# Software del prototipo



Target Setup



UART Setup



# Software para la recepción de señales en el computador



**ESPE**

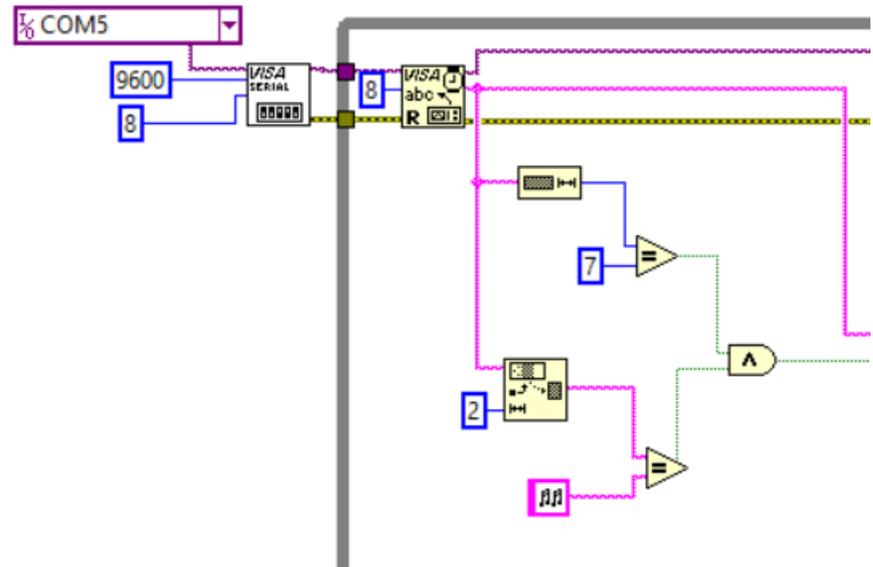
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

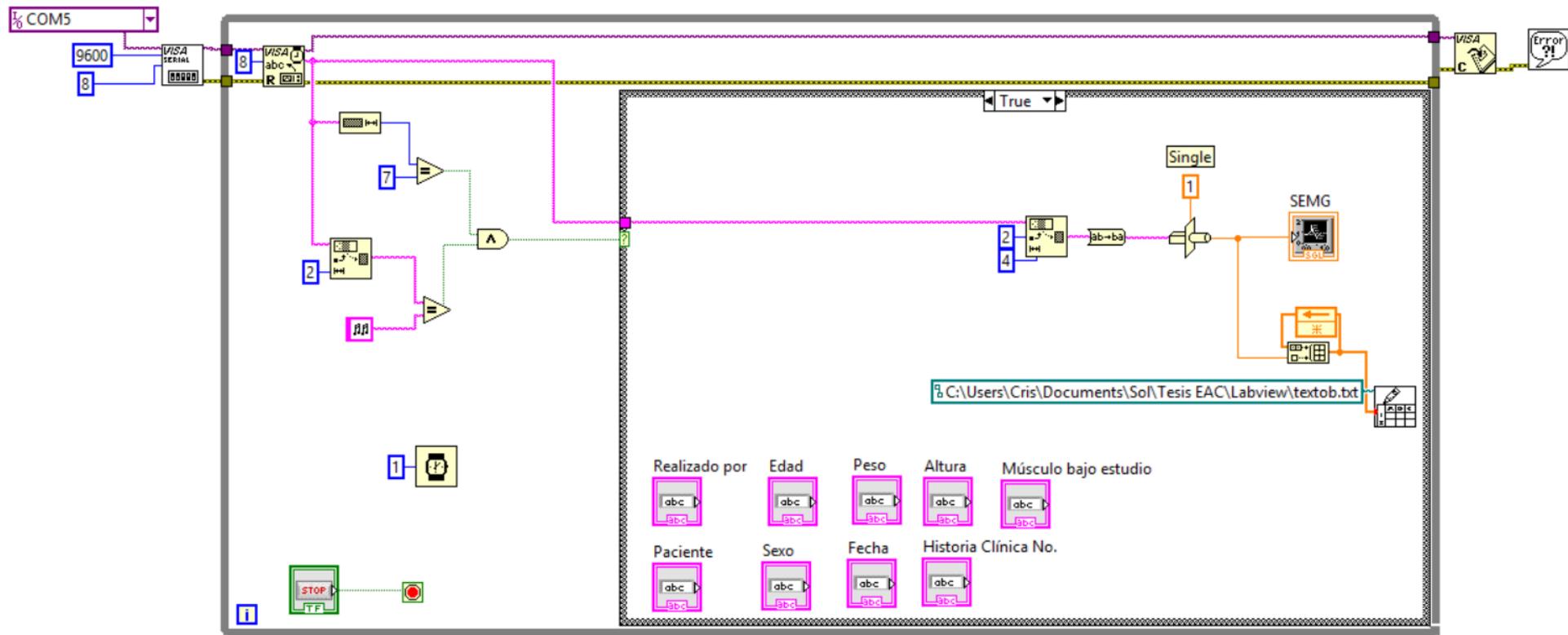
# Etapa de recepción de la señal

La comunicación entre el modulo Bluetooth de la tarjeta y el computador se la realiza mediante los bloques de programación de protocolo Serial de LabView.

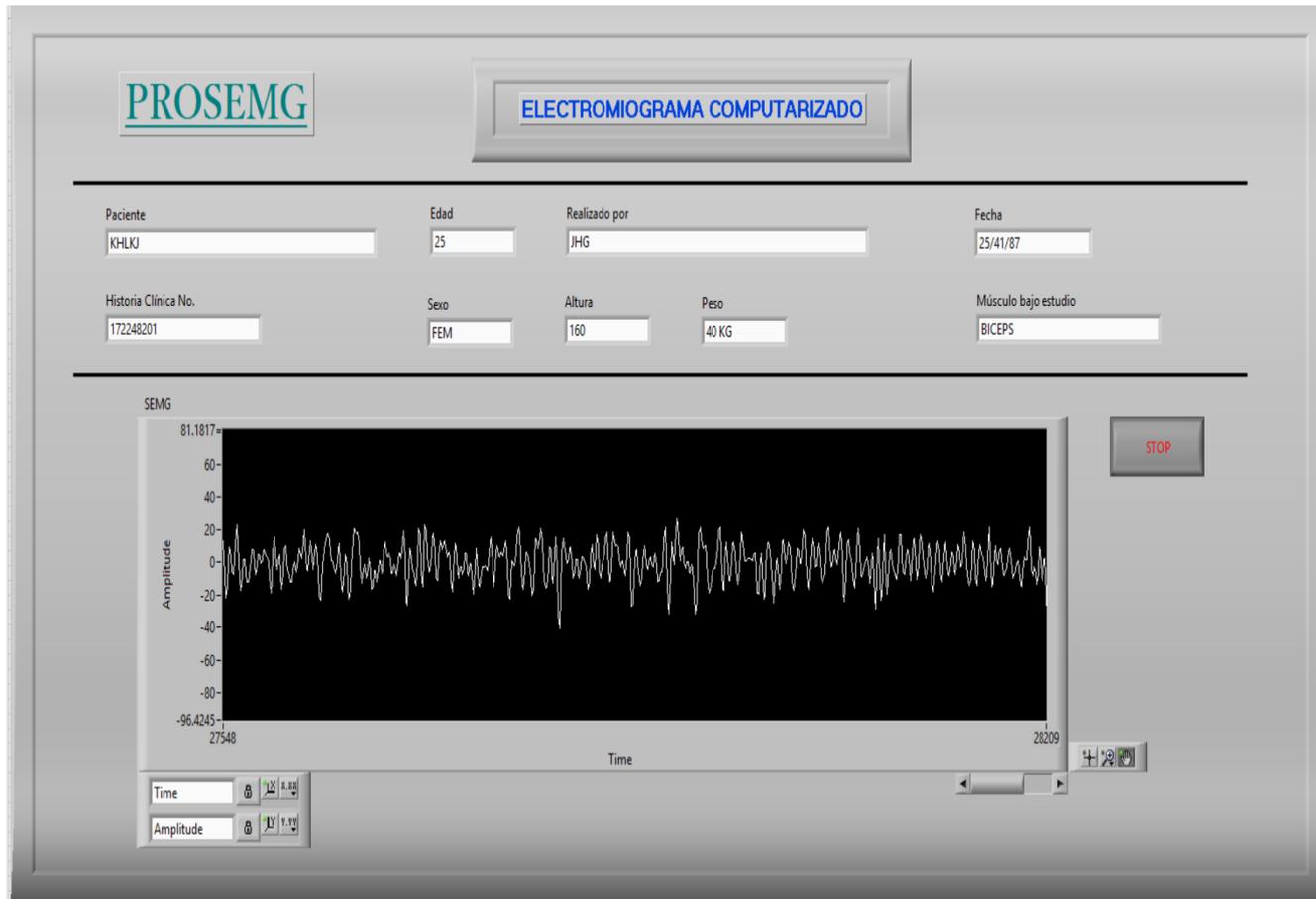
Por motivos de sincronización, se realiza un par de comparaciones de la señal de entrada con el objeto de recibir únicamente las señales requeridas



# Software de recepción de señales



# Etapa de Visualización



# PRUEBAS Y RESULTADOS



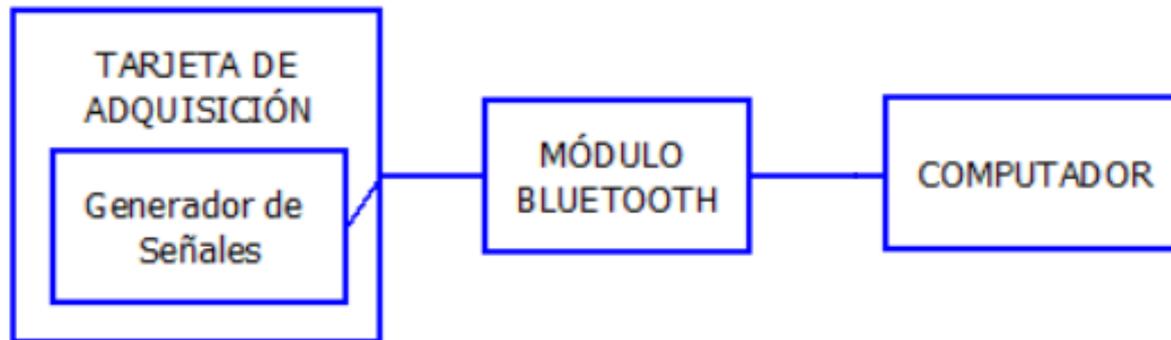
**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Pruebas de conectividad

Para realizar las pruebas de conectividad se monto en escenario uno que se compone de con la tarjeta STM, el modulo Bluetooth y el computador, inicialmente no se utilizó el hardware implementado por motivos de simplicidad al momento de realizar las pruebas

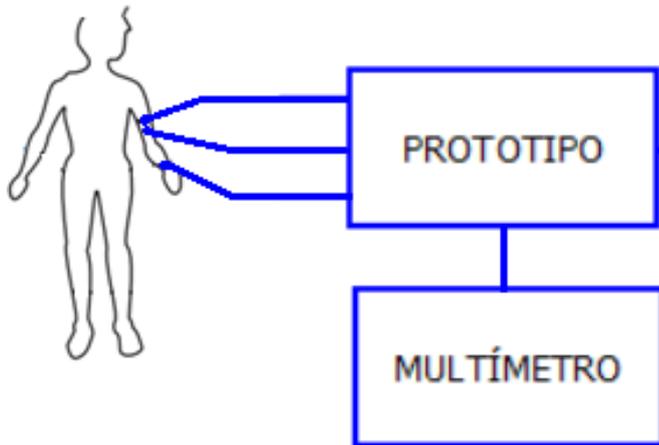


**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

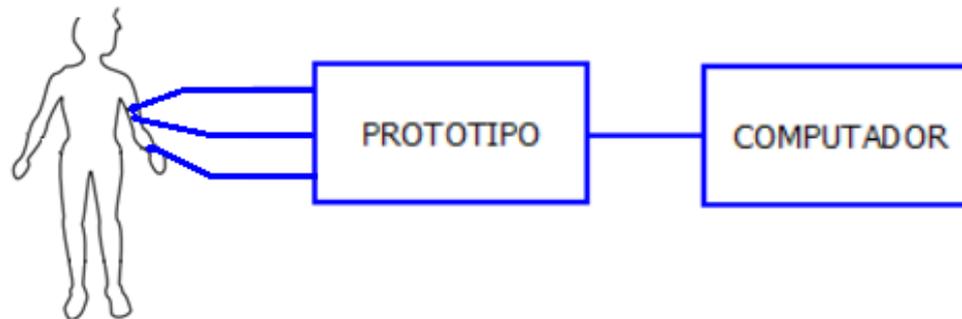
# Pruebas de funcionamiento del hardware



Vin Señal + (mV)	Vin Señal - (mV)	Vout (V)	Ganancia ideal	Ganancia real
5.20	4.30	2.34	500	450

# Prueba de la duración de las baterías del prototipo

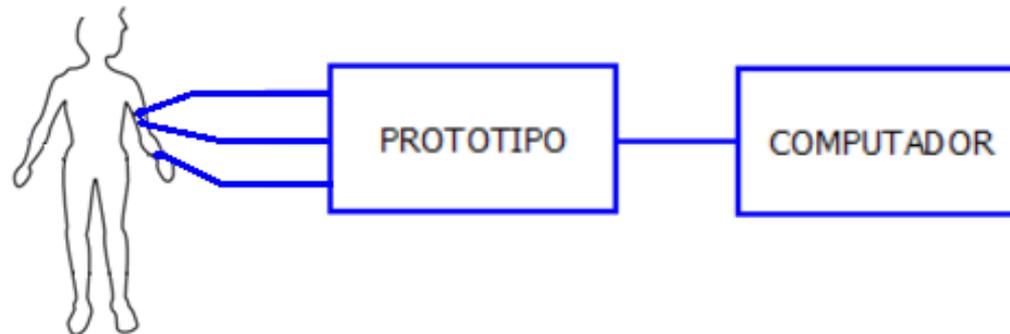
El sistema tuvo un funcionamiento óptimo de aproximadamente 3 horas, al cabo de la cual el voltaje de las baterías disminuyó hasta quedar por debajo del voltaje mínimo necesario para alimentar al hardware del sistema.



# Pruebas integrales del prototipo

Estas pruebas se las realizó mediante el software Simulink de Matlab utilizando el escenario de prueba que se muestra en la figura.

El paciente con el que se realizaron las pruebas es de género masculino y el músculo en el que se trabajó fue el bíceps. A continuación se presentan los experimentos realizados.



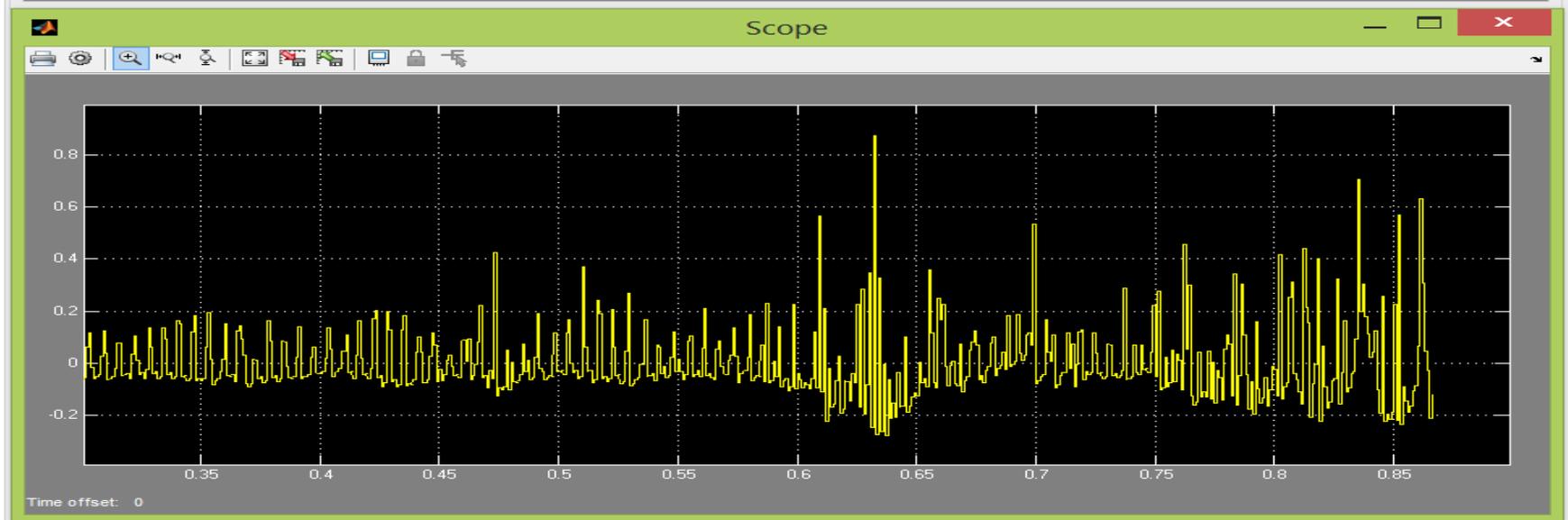
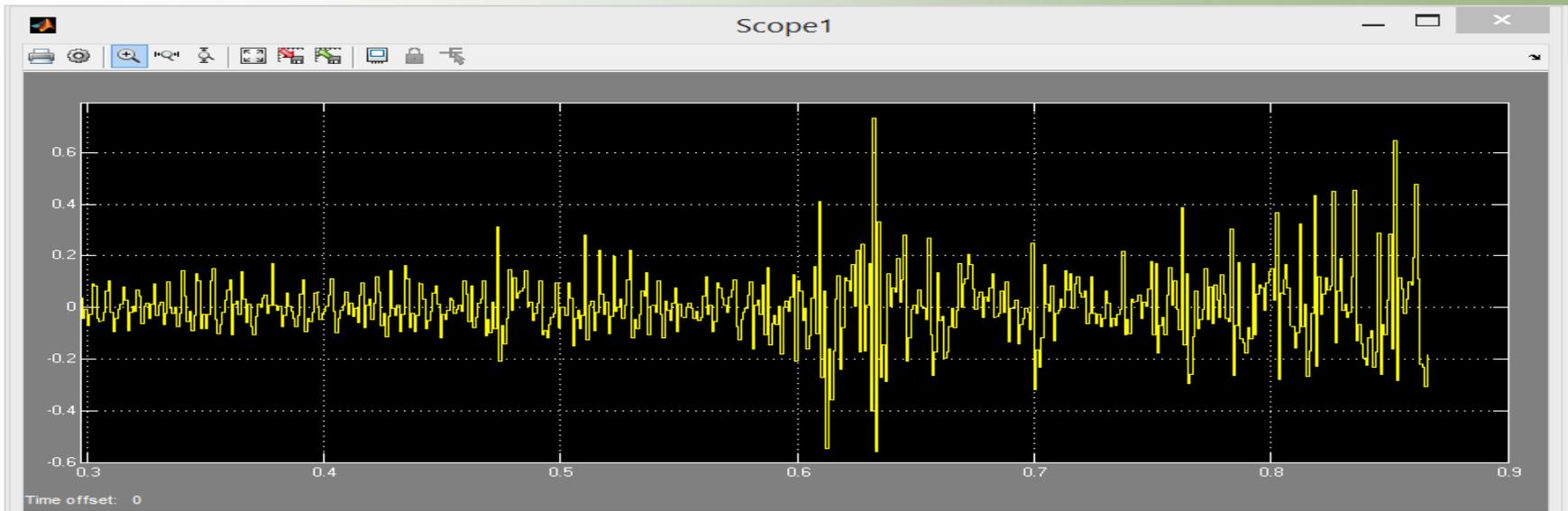
**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

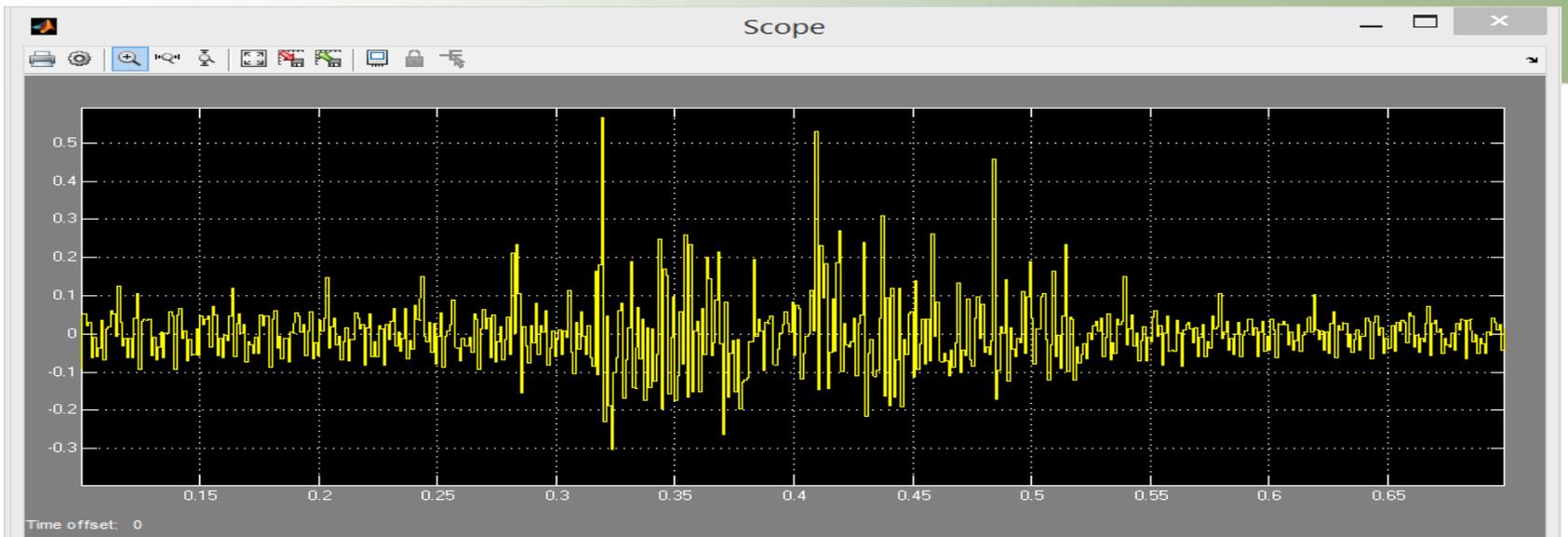
## Calidad de la señal con frecuencia de muestreo 1000 Hz

<b>Ts</b>	<b>0.001s</b>	
<b>FDATool</b>		
<b>Filtro pasa alto</b>	Fc=5Hz	Nivel=4
<b>Filtro pasa bajo</b>	Fc=495Hz	Nivel=4
<b>Filtro digital (Butterworth)</b>		
<b>Filtro pasa alto</b>	Fc=5Hz-10Hz	Nivel=mínimo
<b>Filtro pasa bajo</b>	Fc=490Hz-495Hz	Nivel=mínimo



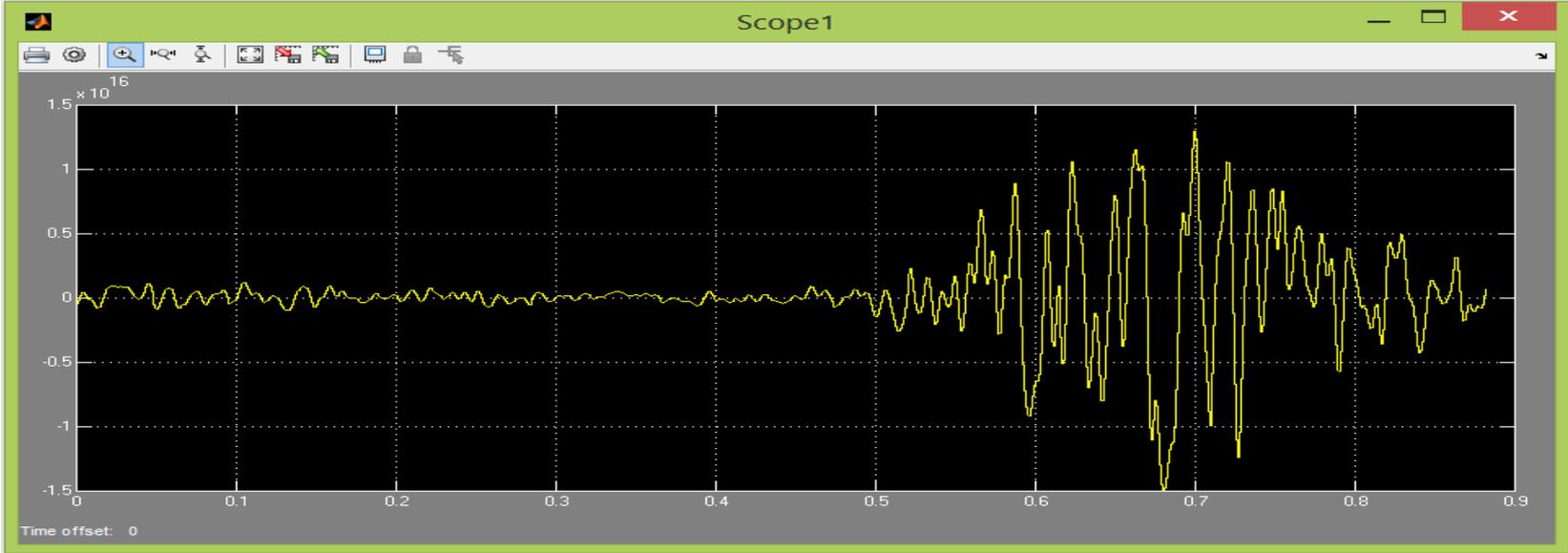
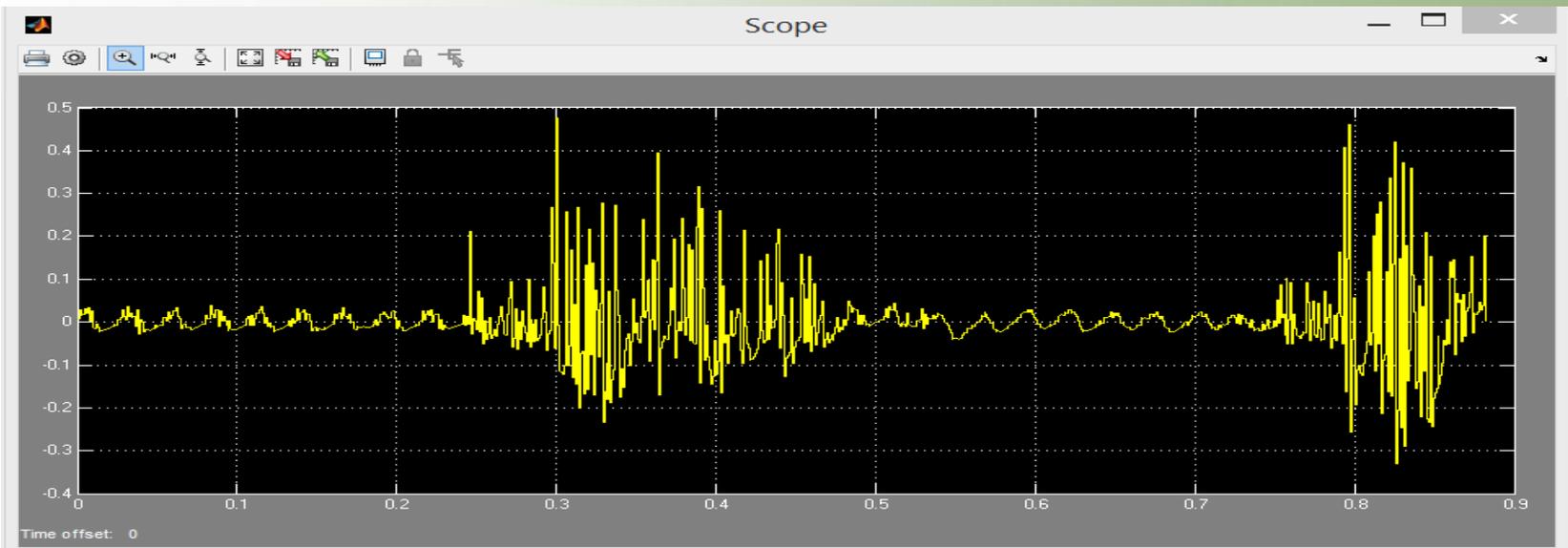
## Calidad de la señal con frecuencia de muestreo 1250 Hz

<b>Ts</b>	<b>0.0008s</b>	
<b>FDATool</b>		
<b>Filtro pasa alto</b>	Fc=5Hz	Nivel=4
<b>Filtro pasa bajo</b>	Fc=500Hz	Nivel=4
<b>Filtro digital (Butterworth)</b>		
<b>Filtro pasa alto</b>	Fc=5Hz-10Hz	Nivel=mínimo
<b>Filtro pasa bajo</b>	Fc=500Hz-505Hz	Nivel=mínimo



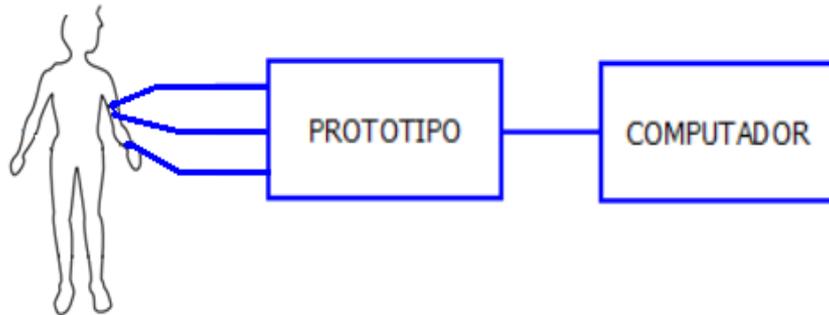
## Calidad de la señal con frecuencia de muestreo 2000 Hz

$T_s$	0.0005s	
<b>FDATool</b>		
<b>Filtro pasa alto</b>	Fc=5Hz	Nivel=4
<b>Filtro pasa bajo</b>	Fc=500Hz	Nivel=4
<b>Filtro digital (Butterworth)</b>		
<b>Filtro pasa alto</b>	Fc=5Hz-10Hz	Nivel=mínimo
<b>Filtro pasa bajo</b>	Fc=500Hz-505Hz	Nivel=mínimo



# Pruebas de variabilidad de la señal entre pacientes

El escenario de prueba es el que se muestra en la figura a continuación, el músculo en estudio fue el bíceps del brazo derecho para ambos pacientes.



	Paciente 1	Paciente 2
<b>Sexo</b>	Masculino	Femenino
<b>Edad</b>	22 años	24 años
<b>Estatura</b>	1.73 cm	1.60 cm
<b>Peso</b>	75 kg	50 kg
<b>Practica deporte</b>	Si	No

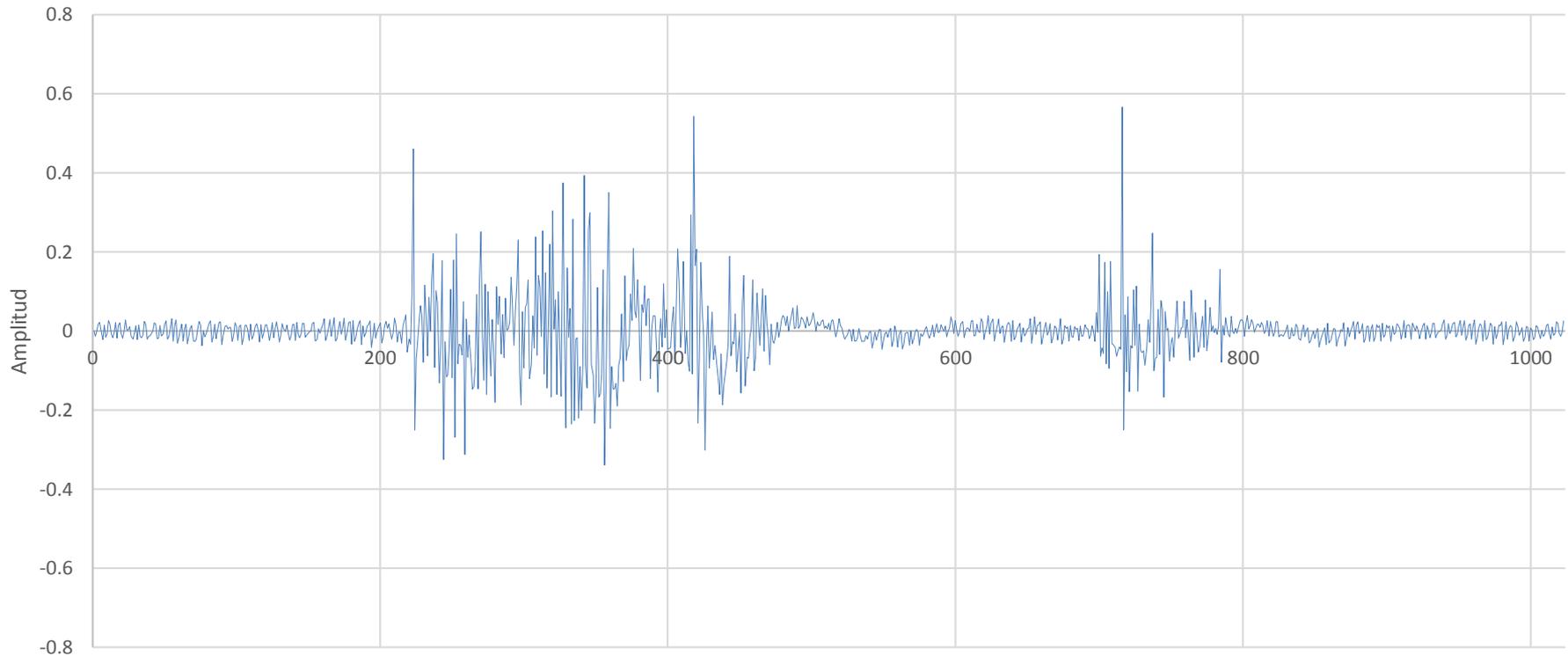


**ESPE**

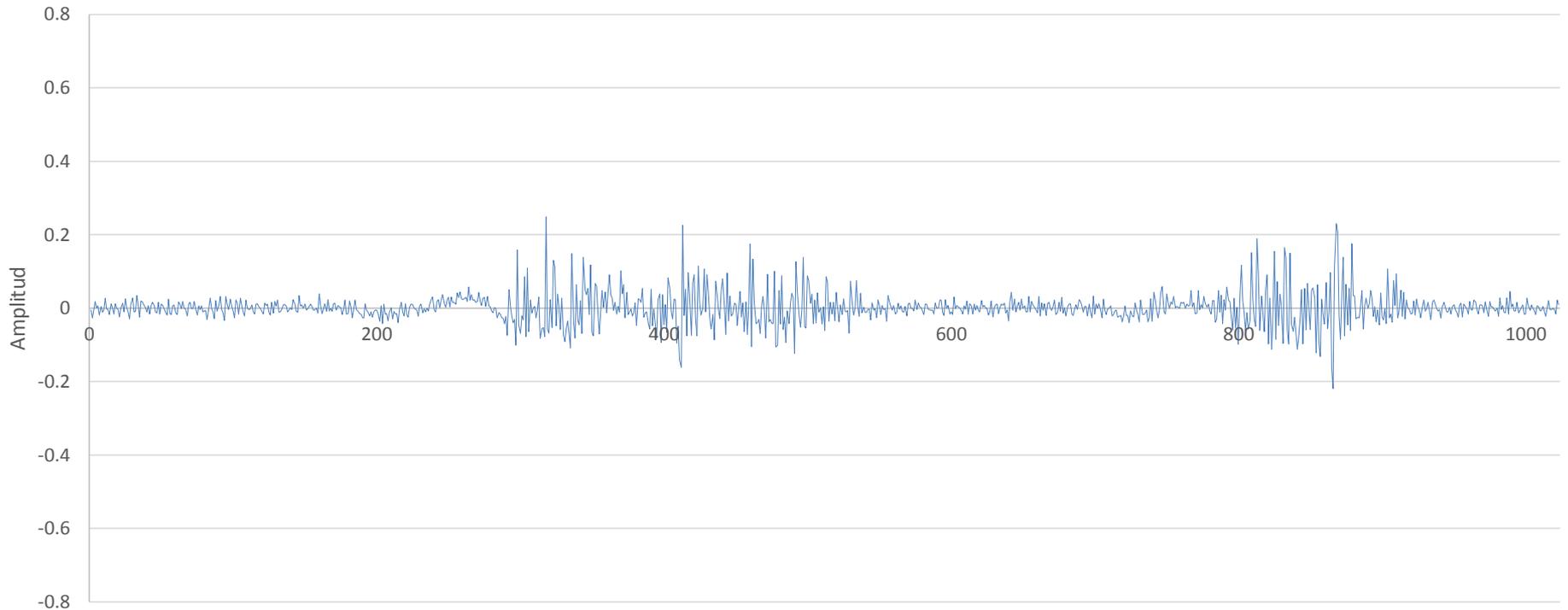
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Señal SEMG obtenida de un paciente de género masculino



# Señal SEMG obtenida de un paciente de género femenino



Como se puede apreciar en las pruebas realizadas, las señales de SEMG varían dependiendo del desarrollo de músculo, es decir que una persona que practica deportes y asiste al gimnasio genera señales con valores de amplitud mayores que una persona físicamente pasiva.

	Paciente Masculino	Paciente Femenino
<b>Valor máximo</b>	0.567	0.248
<b>Valor mínimo</b>	-0.339	-0.22

# Conclusiones y Recomendaciones

# Conclusiones

Un electromiógrafo es un equipo útil para la medición directa de la reacción muscular y muy eficiente, como medidor de las reacciones del sistema nervioso.

Los electrodos de aguja son bio sensores especializados para la detección de señales EMG, sin embargo requieren de supervisión médica.

La utilización de la tarjeta STM32F4 Discovery ayuda con la simplificación del hardware ya que soporta la implementación de la etapa de filtrado, además permite una comunicación en tiempo real con el computador de manera que no se pierde información entre el proceso de muestreo y comunicación de la señal.



**ESPE**

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE RELACIONES DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL

# Conclusiones

En lo que al uso del prototipo respecta, la utilización de baterías y de la comunicación inalámbrica ha probado ser de bastante utilidad al momento de hacer pruebas o estudios durante la marcha, esto abre las puertas para posteriores estudios en el campo de prótesis artificiales y en el campo de la ergonomía.

El electromiógrafo es un equipo sensible al ruido, por ello es determinante poder obtener una señal lo más clara y libre de ruido posible.

# Recomendaciones

Se debe utilizar un electrodo de referencia en el paciente, éste debe ir ubicado en una zona eléctricamente inactiva o en una zona donde la existencia de músculo sea mínima

El manejo del equipo lo puede realizar una persona con los conocimientos básicos de biomédica, sin embargo sería recomendable que una persona que tenga conocimientos más profundos de medicina sea quien analice la señal muestreada.

# Recomendaciones

Para la ubicación correcta de los electrodos, ya sea de manera longitudinal o transversal, se deben seguir las recomendaciones para ubicación de sensores del proyecto SENIAM.

Para un mejor funcionamiento de los electrodos se debe limpiar con alcohol etílico y algodón el área donde van a ir ubicados para remover excesos de grasa y suciedad en la piel, de esta manera asegurar que los electrodos queden bien adheridos a la superficie de la piel.

Gracias