

ANEXO A: Consentimiento informado para Voluntarios del grupo control\_\_\_\_\_



COMMITTED MEDTECH

c/ Batalla de Belchite 5, 2º B  
28045 Madrid

<https://aurarobotix.com/>

**Aura Innovative Robotics**

## **DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA VOLUNTARIOS ADULTOS DEL GRUPO CONTROL**

Mi nombre es \_\_\_\_\_ y soy miembro de un grupo de investigación que estamos interesados en estudiar cómo nos movemos y las enfermedades y problemas de salud que puedan afectar a la movilidad de las personas.

Este documento está formado por dos partes:

1. Primera parte: Información introductoria sobre nuestra investigación y sobre las herramientas que estamos utilizando en ella.
2. Segunda parte: está destinada a dejar constancia de que usted ha entendido la primera parte y de que está de acuerdo o no, en la participación en el presente estudio.

El objetivo de este documento es que usted tome una decisión libre e informada. Por ello, léalo con detenimiento y no dude en pedir más información si fuera preciso.

Su participación es importante y valiosa para esta investigación y debe saber que:

- la participación en el estudio es voluntaria
- podrá retirar el consentimiento en el momento que usted lo decida,
- si decide no participar en el estudio, esto no cambiará el interés de los profesionales sanitarios en que la atención médica que reciba en el futuro por cualquier razón sea la mejor posible en todo momento.

- tiene tiempo para decidir su participación en el estudio, pudiendo usted consultar a terceras personas (familiares, otros médicos, otros fisioterapeutas, trabajadores-sociales,...) si así lo considera necesario.

## **PARTE 1: INFORMACIÓN SOBRE LA INVESTIGACIÓN Y EL ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE MARCHA.**

### **¿Qué estamos investigando?**

Las características de distintos movimientos del miembro superior de una persona, a través del uso del sistema ORTE, un robot capaz de calcular medidas como la velocidad o aceleración del movimiento.

### **¿Quiénes estamos investigando?**

Somos un grupo de científicos que se dedica a estudiar el grupo de enfermedades y problemas que se conoce como "trastornos del movimiento". Concretamente, en este proyecto, estamos dedicados:

- Dra. Cecilia García (CTO de Aura Innovative Robotics y Profesora de la UPM)
- Dr. Javier Lopez Lopez (Jefe Servicio de Rehabilitación Hospital Universitario Infanta Sofía de Madrid)
- Dra María José Abenza Abildua (Neuróloga del Hospital Universitario Infanta Sofía)
- Msc. Marie Andre Destarac (Senior Robotics Engineer de Aura Innovative Robotics y estudiante de Doctorado en la Universidad Politécnica de Madrid)
- David Dalmasso (Investigador en Aura Innovative Robotics y Estudiante de Ingeniería Biomédica en la Universidad Nacional de Córdoba)
- Emiliano Capogrossi (Investigador en Aura Innovative Robotics y Estudiante de Ingeniería Biomédica en la Universidad Nacional de Córdoba)

### **¿Por qué se le pide su participación en este estudio?**

Porque usted no padece de ninguna enfermedad que limite su movimiento en el hombro y necesitamos medir su forma de flexionarlo y extenderlo para poder realizar un modelo de lo que sería un movimiento "normal", y así poder buscar marcadores (señales), que nos permitan configurar el sistema ORTE en un futuro para utilizarlo como herramienta rehabilitadora en pacientes con limitación al movimiento en el hombro.

**¿En qué consiste la sesión de análisis instrumental de la marcha? ¿Tiene algún riesgo para usted?**

Usted tendría que venir a las instalaciones de Aura Innovative Robotics (c/ Batalla de Belchite 5, Madrid) para una única visita. La sesión dura en torno a 1 hora. La sesión está formada por tres partes:

1. HISTORIA CLÍNICA: le haremos preguntas sobre las enfermedades que padece.
2. EXPLORACIÓN FÍSICA: durante esta fase, pesamos, tallamos, medimos partes del cuerpo y les pedimos que muevan sus articulaciones y hagan unas pruebas sencillas.
3. ANÁLISIS INSTRUMENTAL DEL MOVIMIENTO: Le pediremos que se siente en una silla, donde le colocaremos:
  - Un arnés para fijar su espalda a la silla y así evitar un mal posicionamiento.
  - El sistema ORTE, que consiste en un brazo robótico con sensores de movimiento articular, que se fijará a su brazo mediante cintas con velcro.
  - EMG de superficie (electromiograma). Consiste en un aparato capaz de captar señales eléctricas provenientes de sus propios músculos durante el movimiento. Se le colocarán entre seis y nueve sensores (electrodos) pegados sobre la piel, uno colocado en su muñeca y el resto, dependiendo del tipo de movimiento que deba realizar, en los distintos músculos de interés.

Tras esto, le pediremos que realice diferentes movimientos con el brazo para coger una botella situada en el plano sagital de su mano derecha.

Ninguno de los instrumentos descritos es invasivo o produce daño alguno. El equipo a utilizar cumple la normativa exigida para seguridad eléctrica en dispositivos médicos, por lo que no existe riesgo alguno a la hora de realizar este análisis.

Los datos se graban y registran de forma electrónica y física, siendo custodiados estrictamente por el personal investigador en cumplimiento de la Ley Orgánica 15/1999. Como medidas de seguridad adicional, los datos se almacenan con un código y con una contraseña, y sólo son accesibles para el personal investigador o para aquellas personas designadas por usted.

**¿Cuáles son los posibles beneficios para usted por participar en el estudio?**

A parte de la satisfacción personal que pueda suponer colaborar en esta investigación pionera, podrá solicitar un informe con los resultados de todas las pruebas por correo electrónico. El análisis instrumental del movimiento del hombro y la historia clínica y exploración física son herramientas potentes que pueden serle muy útiles en el futuro.

**¿Cuáles son los beneficios para otras personas derivados de su participación?**

La información obtenida nos ayudará a entender mejor como funciona el movimiento en el hombro y su aplicación posterior al tratamiento rehabilitador del sistema muscular del hombro en pacientes con enfermedades que limiten su movimiento. Nuestra intención es que todo este nuevo conocimiento nos lleve a mejoras en el diagnóstico y en el tratamiento de personas que sufren estas patologías.

**¿Cuáles son los beneficios para los investigadores derivados de su participación en el estudio?**

Ni los financiadores ni el equipo investigador reciben compensación económica por su participación en el estudio. No existen conflictos de interés por parte de los investigadores, colaboradores ni instituciones implicadas.

**¿Seré informado de los resultados del estudio al finalizar el mismo?**

Sí. Si nos lo solicita, le enviaremos un resumen de los principales hallazgos y si los datos requieren algún tipo de aclaración, se la proporcionaremos si nos es posible.

**PARTE 2: DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA VOLUNTARIOS ADULTOS DEL GRUPO CONTROL.**

Por favor, verifique los siguientes puntos:

- Entiendo el objetivo y los posibles efectos que tiene la realización de una sesión de análisis instrumental de la marcha.
- He tenido la oportunidad de preguntar sobre las dudas que me han surgido tras la lectura de este documento y se me han aclarado convenientemente.
- Se me ha informado sobre la oportunidad de renunciar a la participación en cualquier momento del estudio.
- Se me ha informado de que tanto este documento como el proyecto de investigación y la realización de la sesión de análisis han sido aprobados convenientemente por el Comité de Ética de la Investigación de la Universidad Autónoma de Madrid, por el Comité de Ética del Hospital Universitario La Paz y por la Escuela de Ingeniería Biomédica de la Universidad Nacional de Córdoba.
- He recibido una copia de este documento.

**EN CASO DE ACUERDO:**

Yo, \_\_\_\_\_, consiento voluntariamente en participar en el proyecto de investigación titulado: "Estudio de señales mioeléctricas durante la realización de movimientos de hombro y codo en sujetos control". En el contexto de una línea de investigación sobre rehabilitación de miembro superior mediante el uso de un exoesqueleto robotizado.

Solicito que me envíen los resultados: SI  NO

Dirección postal:

Dirección electrónica:

Teléfonos de contacto:

Firma del paciente

Lugar y fecha:

## EN CASO DE DESACUERDO

Yo \_\_\_\_\_ no consiento participar en el proyecto de investigación titulado "Estudio de señales mioeléctricas durante la realización de movimientos de hombro y codo en sujetos control". En el contexto de una línea de investigación sobre rehabilitación de miembro superior mediante el uso de un exoesqueleto robotizado.

Firma del paciente

Lugar y fecha.

Yo (nombre del investigador), \_\_\_\_\_ he explicado el objetivo y los posibles efectos por su participación en este proyecto.

Firma del investigador

Lugar y fecha.

ANEXO B: Ficha Sujeto Control \_\_\_\_\_

**FICHA SUJETO CONTROL**

**CÓDIGO:** \_\_\_\_\_

**DATOS DEL SUJETO**

**Nombre:** .....

**Sexo:** .....

**Apellidos:** .....

**Edad:** .....

**Peso (Kg):** ..... **Altura (m):** .....

**Longitud Miembro Superior** (de acromion a epicóndilo lateral, y de epicóndilo lateral a estiloides radial, con el codo en flexión de 90°):.....

**Perímetro Del Brazo En Tensión** (el hombro y el codo están flexionados a 90 grados. Se pide al sujeto que cierre el puño y lleve el antebrazo hacia el hombro haciendo tensión al bíceps):.....

**DISEÑO**

| PARTE DEL ESTUDIO                                  | SÍ | NO | DESCRIPCIÓN   |
|--|----|----|---|
| 1. Etapa de calentamiento                          |    |    | Elongación, movimientos aeróbicos bajos, de 5 a 10 min.   |
| 2. Preparación del paciente y entorno              |    |    | Paciente sentado en posición anatómica y colocación de arnés y ORTE en MSD.<br><br>Colocación torre en plano sagital de mano derecha. |
| 3. Cálculo altura torre plano sagital mano derecha |    |    | Determinar altura y posición de la torre para poder realizar estudio.   |
| 4. Colocación EMG                                  |    |    |   |
| - Electrodo de referencia                          |    |    |   |
| <b>Abducción y aducción hombro:</b>                |    |    |   |
| - Fascículo anterior deltoides                     |    |    |   |
| - Pectoral mayor                                   |    |    |   |
| - Dorsal ancho                                     |    |    |   |
| <b>Flexión 90° hombro:</b>                         |    |    |   |
| - Fascículo anterior deltoides                     |    |    |   |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| - <b>Pectoral mayor</b>                                      |  |  |   |
| - <b>Biceps braquial</b>                                     |  |  |   |
| <b>Flexión y Extensión codo:</b>                             |  |  |   |
| - <b>Tríceps</b>   |  |  |   |
| - <b>Biceps braquial</b>                                     |  |  |   |
| - <b>Braquiorradial</b>                                      |  |  |   |
| <b>5.Ejercicios de Feedback.</b>                             |  |  |   |
| - Comprobación modelo sin registro.                          |  |  |   |
| - Comprobación movimiento respeta grados movimiento.         |  |  |   |
| <b>6.Conexión cámara de vídeo</b>                            |  |  |   |
| <b>7.Registro de datos</b>                                   |  |  |   |
| <b>Cálculo MVC (x3)</b>                                      |  |  | Se le pide al paciente que lentamente empiece a aumentar la fuerza, hasta alcanzar el máximo a los 3-5 seg, mantenerlo durante 3 seg, y lentamente relajarlo (aproximadamente 3 seg más). Pausa entre 30-60 seg |
| - Biceps braquial  |  |  |   |
| - Triceps  |  |  |   |
| - Braquiorradial   |  |  |   |
| - Deltoides  |  |  |   |
| - Pectoral mayor   |  |  |   |
| - Dorsal ancho   |  |  |   |
| <b>Abducción y aducción hombro</b>                           |  |  |   |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (1)         |  |  |   |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (2)         |  |  |   |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (3)         |  |  |   |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (4)         |  |  |   |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (1) |  |  |   |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (2) |  |  |   |



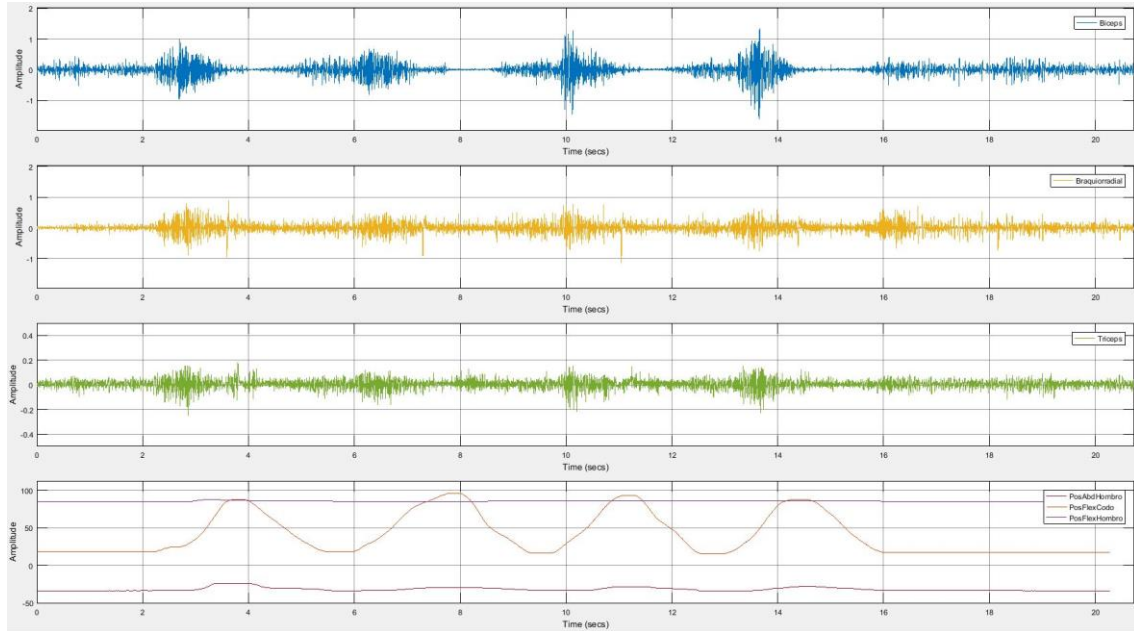
|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (3) |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (4) |  |  |  |
| <b>Flexión 90° hombro</b>                                    |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (1)         |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (2)         |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (3)         |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (4)         |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (1) |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (2) |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (3) |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (4) |  |  |  |
| <b>Flexión y Extensión codo</b>                              |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (1)         |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (2)         |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (3)         |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> sin flexión de codo (4)         |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (1) |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (2) |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (3) |  |  |  |
| - Llevar objeto a <b>90°</b> permitiendo flexión de codo (4) |  |  |  |

ANEXO C: Tabla Valores Antropométricos

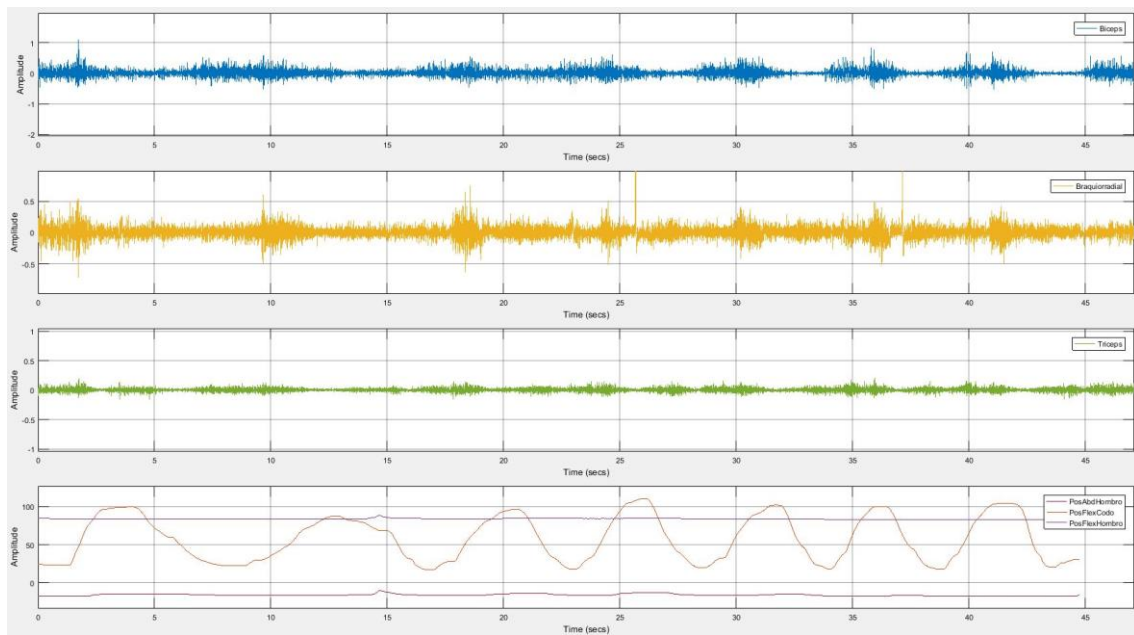
| VOLUNTARIO | EDAD | PESO [Kg] | ALTURA [cm] | BRAZO         |                                 |                | ANTEBRAZO     |                                 |                | SUBTOTAL      |           | MANO + CARGA  |                    | TOTAL |
|------------|------|-----------|-------------|---------------|---------------------------------|----------------|---------------|---------------------------------|----------------|---------------|-----------|---------------|--------------------|-------|
|            |      |           |             | LONGITUD [Cm] | PESO ESTIMADO [Peso * (%)] [Kg] | PERIMETRO [Cm] | LONGITUD [Cm] | PESO ESTIMADO [Peso * (%)] [Kg] | PERIMETRO [Cm] | LONGITUD [Cm] | PESO [Kg] | LONGITUD [Cm] | PESO ESTIMADO [Kg] |       |
| FBL0711    | 23   | 58        | 172         | 36            | 1.5                             | 26             | 25            | 0.8                             | 24             | 61            | 2.3       | 10            | 1.8                | 4.1   |
| FCEGS0811  | 42   | 50        | 161         | 32            | 1.3                             | 22             | 24            | 0.7                             | 21             | 56            | 2.0       | 10            | 1.8                | 3.8   |
| FGPA0311   | 23   | 53        | 164         | 34            | 1.4                             | 29             | 23            | 0.7                             | 24             | 57            | 2.1       | 10            | 1.8                | 3.9   |
| FMADE0211  | 35   | 48        | 155         | 27            | 1.2                             | 28             | 23            | 0.7                             | 20             | 50            | 1.9       | 10            | 1.8                | 3.7   |
| FSRV0811   | 26   | 55        | 160         | 32            | 1.4                             | 26             | 24            | 0.8                             | 23             | 56            | 2.2       | 10            | 1.8                | 4.0   |
| MDMT0711   | 22   | 96        | 186         | 33            | 2.6                             | 36             | 26            | 1.6                             | 32             | 59            | 4.2       | 10            | 2.1                | 6.3   |
| MEC0811    | 25   | 90        | 190         | 37            | 2.4                             | 32             | 27            | 1.5                             | 31             | 64            | 3.9       | 10            | 2                  | 5.9   |
| MEHS0711   | 36   | 70        | 170         | 32            | 1.9                             | 30             | 26            | 1.1                             | 29             | 58            | 3.0       | 10            | 1.9                | 4.9   |
| MIMC2810   | 21   | 70        | 173         | 35            | 1.9                             | 33             | 26            | 1.1                             | 30             | 61            | 3.0       | 10            | 1.9                | 4.9   |
| MIGM2510   | 23   | 70        | 182         | 39            | 1.9                             | 31             | 27            | 1.1                             | 29             | 66            | 3.0       | 10            | 1.9                | 4.9   |
| MLJMC2710  | 24   | 76        | 178         | 38            | 2.1                             | 30             | 26            | 1.2                             | 28             | 64            | 3.3       | 10            | 2                  | 5.3   |
| MRAL0211   | 24   | 100       | 174         | 34            | 2.7                             | 36             | 25            | 1.6                             | 33             | 59            | 4.3       | 10            | 2.1                | 6.4   |
| MSHR0211   | 23   | 89        | 175         | 31            | 2.4                             | 34             | 25            | 1.4                             | 31             | 56            | 3.9       | 10            | 2                  | 5.9   |

## ANEXO D: Señales Obtenidas

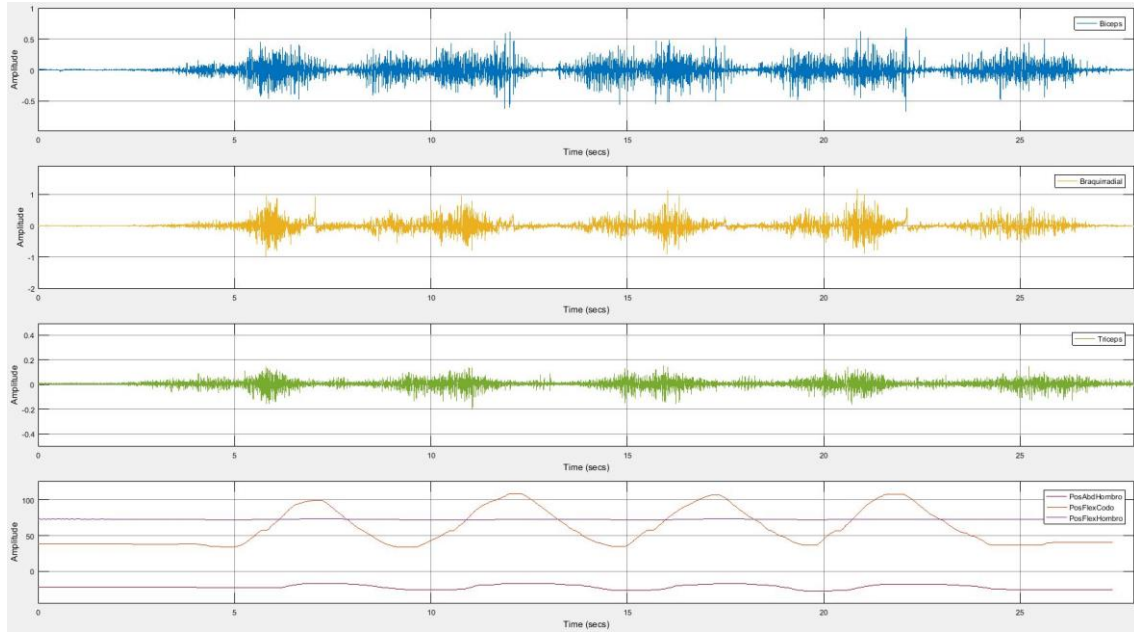
### FBL0711



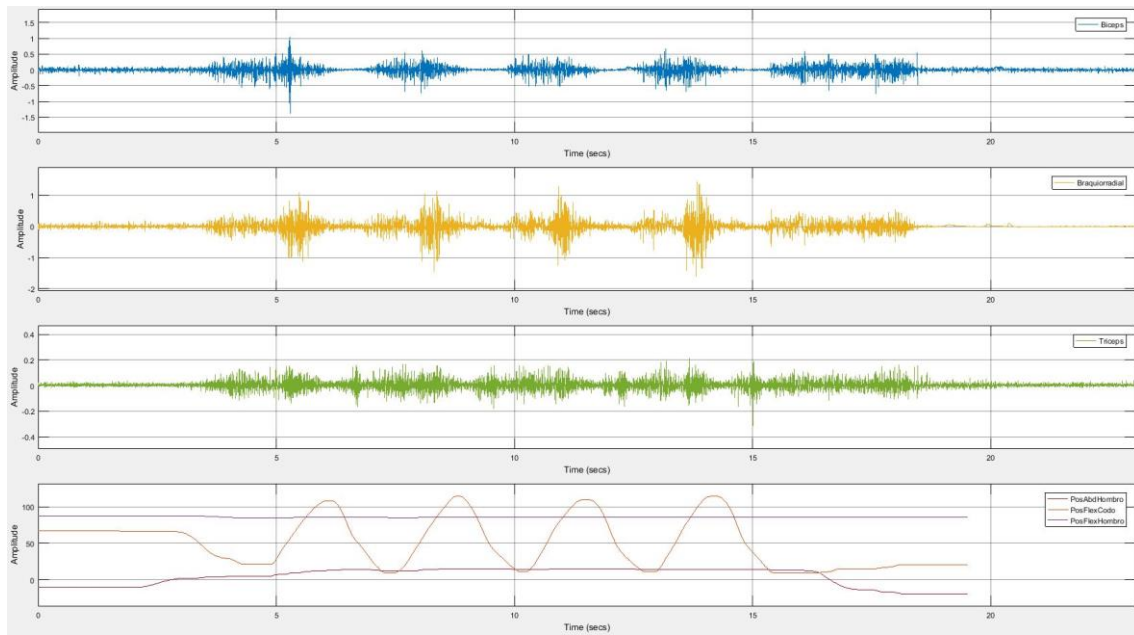
### FCEGS0811



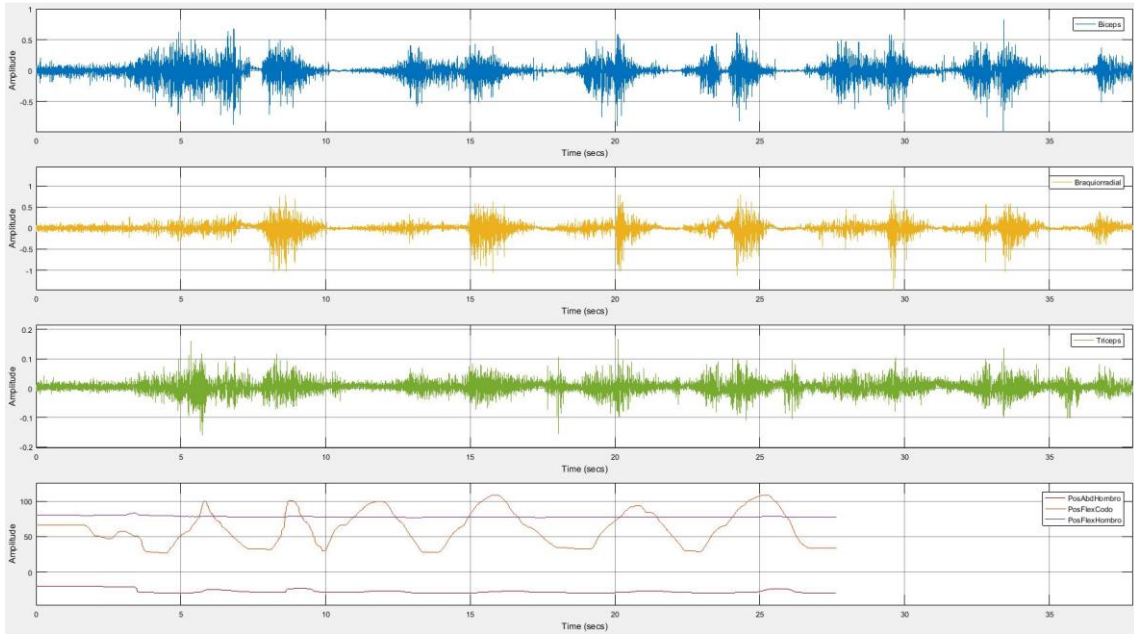
## FGPA0311



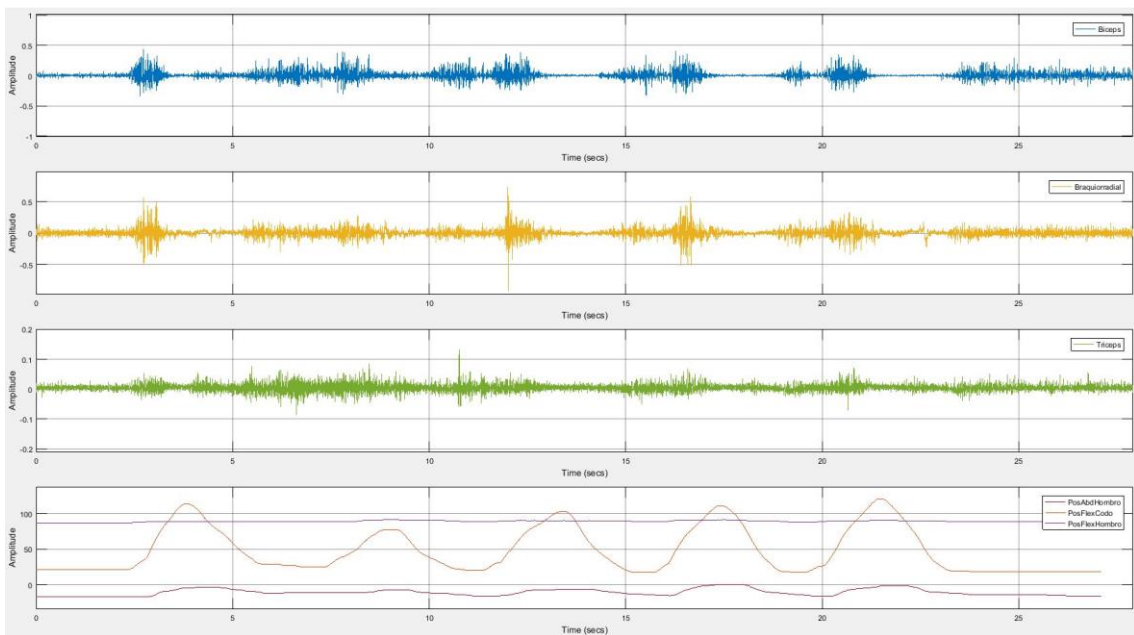
## FMADE0211



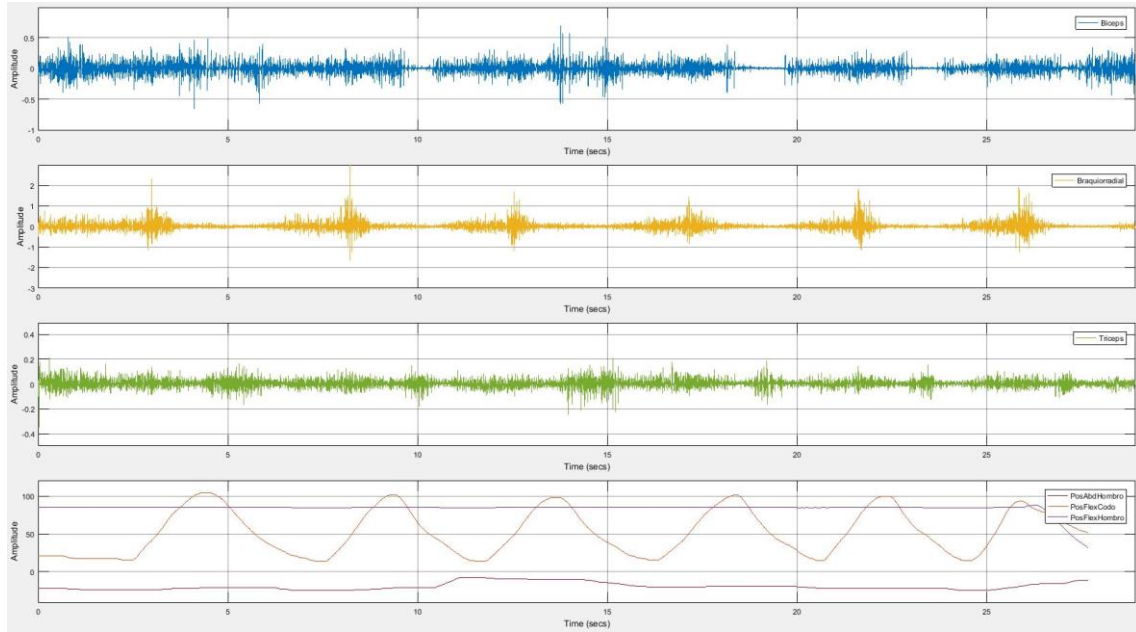
## FSRV0811



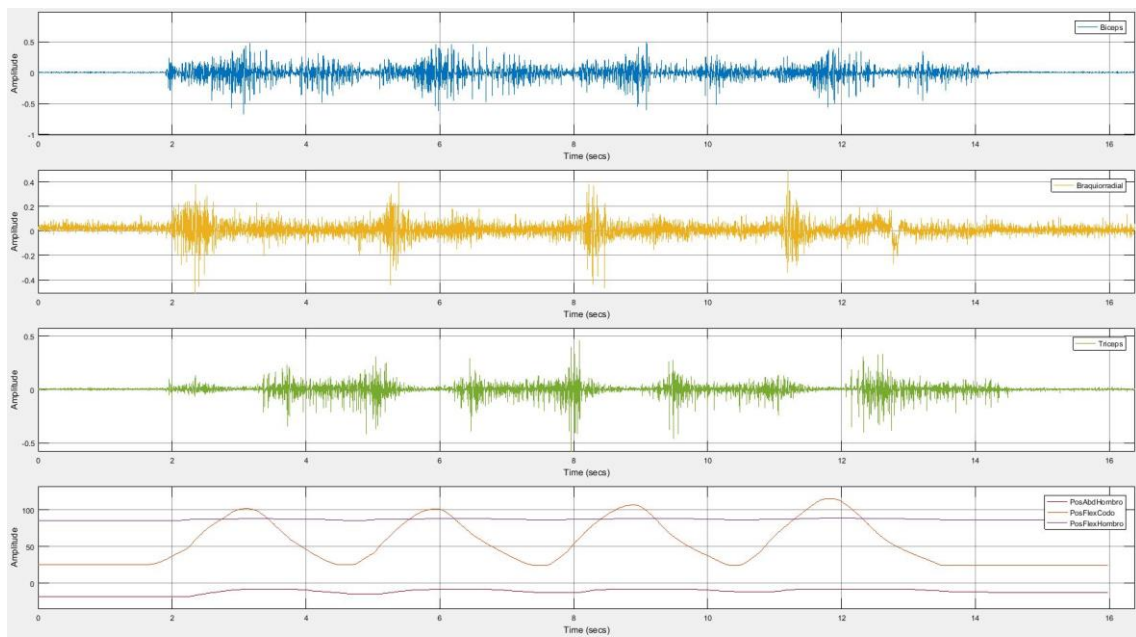
## MDMT0711



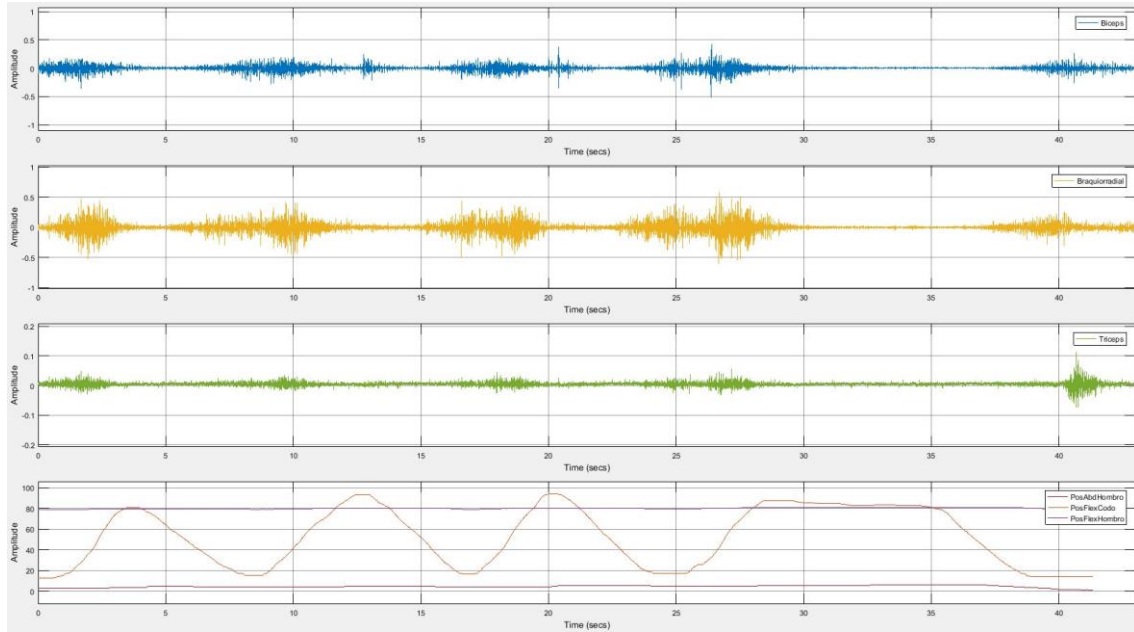
## MEC0811



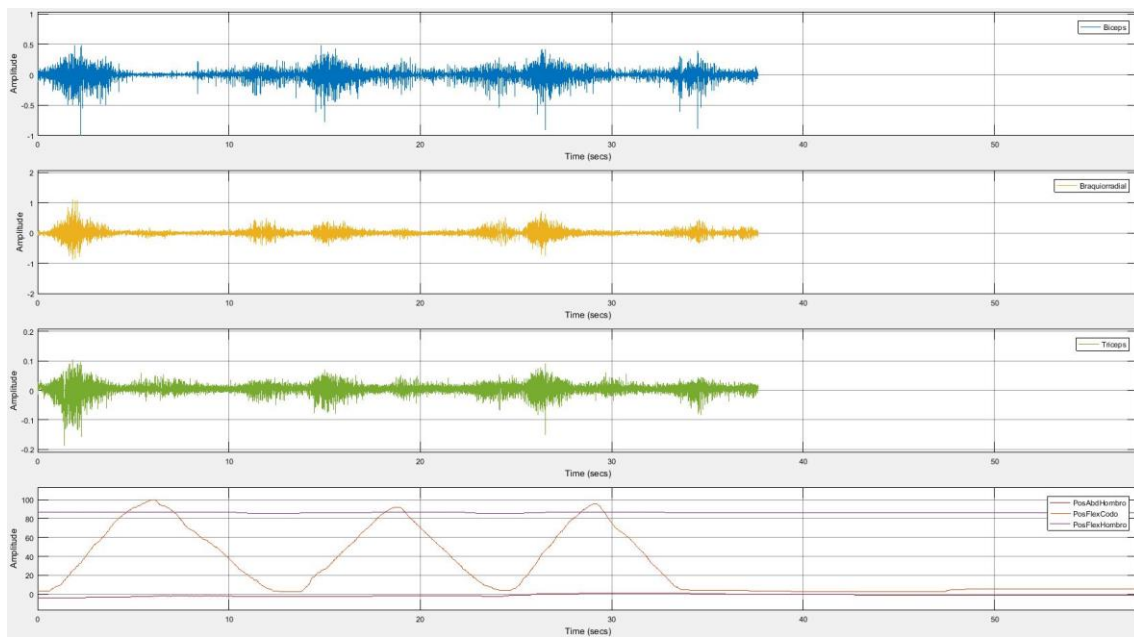
## MEHS0711



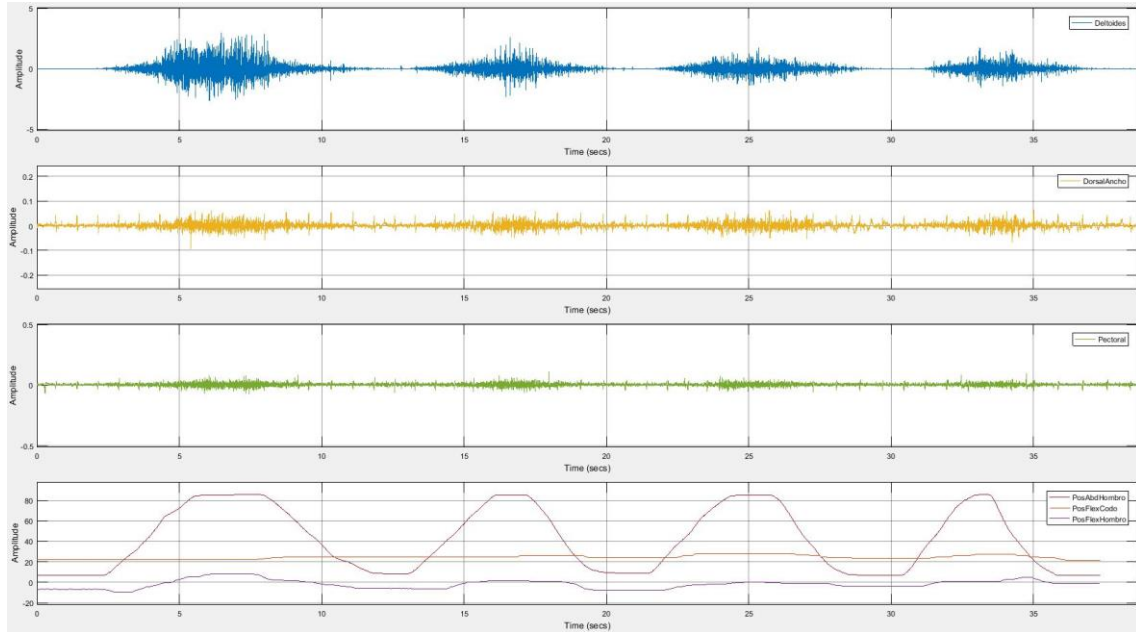
## MIMC2810



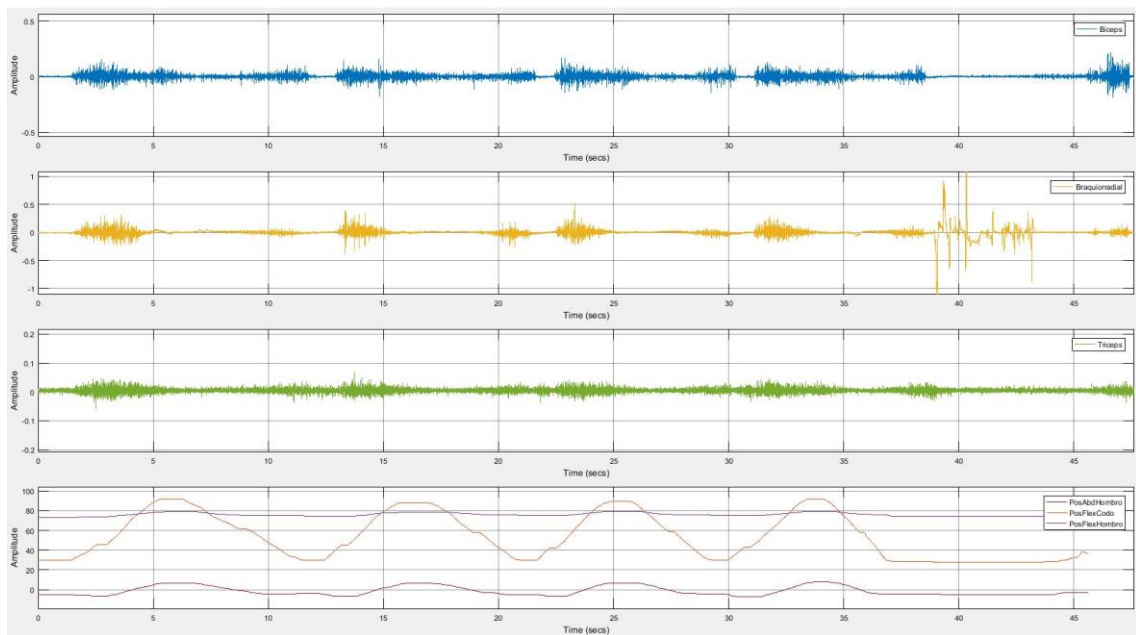
## MJGM2510



## MLJMC2710

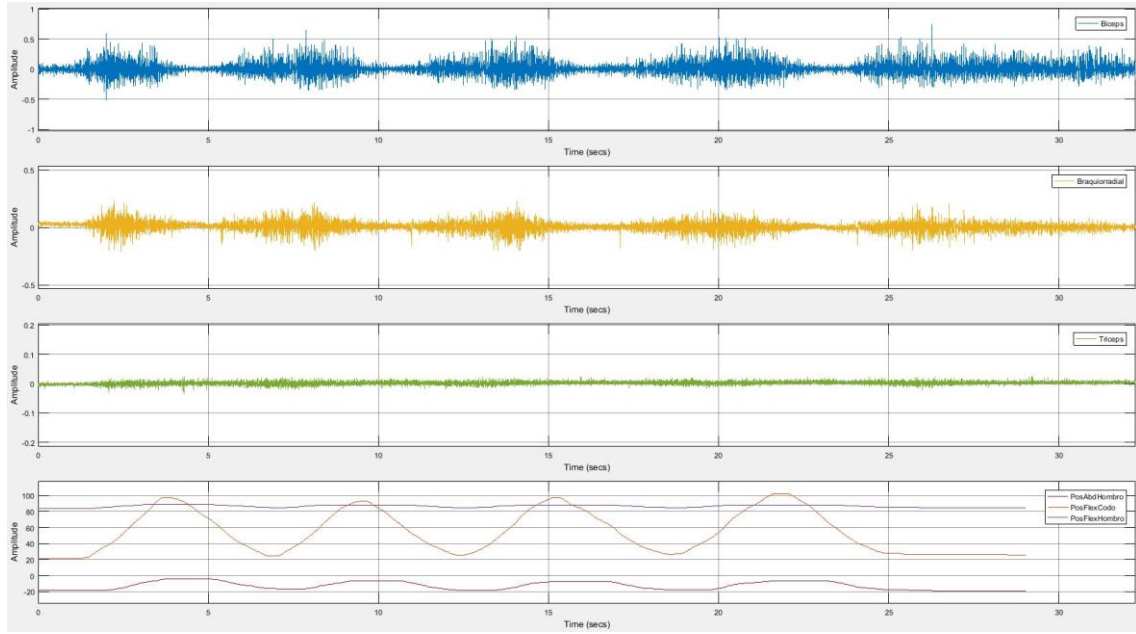


## MRAL0211





# MSHR0211



ANEXO E: Valores de coeficientes obtenidos\_\_\_\_\_

| VOLUNTARIO 1:                   | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |             |            |            |             |             |
|---------------------------------|---------|---------|----------------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|
|                                 |         |         | NO OPTIMIZADO        |             |            | OPTIMIZADO |             |             |
| <b>FBL0711</b>                  |         |         | <b>BIC</b>           | <b>BRD</b>  | <b>TRI</b> | <b>BIC</b> | <b>BRD</b>  | <b>TRI</b>  |
| <i>A</i>                        | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99        | 0,99       | 0,0534     | 0,8898      | 0,9836      |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$     | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1           | 1          | 1,0430     | 0,9968      | 1,0090      |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$     | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1           | 1          | 1,0040     | 1,0030      | 0,9947      |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$ | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1           | 1          | 0,4929     | 0,4880      | 0,4817      |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$     | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1           | 1          | 1,2380     | 1,5000      | 0,9648      |
| $\beta$                         | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75        | 0,65       | 0,5462     | 0,7337      | 0,6552      |
| $\varphi_M$                     | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1         | 0,1        | 0,0224     | 0,0832      | 0,0938      |
| $\varphi_V$                     | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5         | 0,5        | 0,5076     | 0,4849      | 0,4807      |
| $a_0 [m]$                       | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184      | 0,0874     | 0,1115     | 0,4135      | -<br>0,0254 |
| $a_1 [\frac{m}{rad}]$           | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448      | 0,0327     | 0,1670     | 0,0418      | 0,1127      |
| $a_2 [\frac{m}{rad^2}]$         | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303      | -0,0269    | 0,1875     | 0,2477      | 0,0853      |
| $a_3 [\frac{m}{rad^3}]$         | -3      | 3       | -0,003               | -<br>0,0084 | 0,0037     | -0,0945    | -<br>0,1140 | -<br>0,0808 |
| $b_0 [m]$                       | -3      | 3       | 0,0131               | -<br>0,0136 | -0,022     | -2,9990    | 0,5868      | -<br>2,4740 |
| $b_1 [\frac{m}{rad}]$           | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077       | -0,0187    | 3,0000     | 3,0000      | 3,0000      |
| $b_2 [\frac{m}{rad^2}]$         | -3      | 3       | 0,0098               | -<br>0,0284 | 0,023      | -1,0260    | 0,1475      | -<br>0,4952 |
| $b_3 [\frac{m}{rad^3}]$         | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038      | -0,0063    | -0,3654    | 0,0538      | 0,6110      |
| $c_0$                           | -1      | 1       | 0,2                  |             |            | 0,09539    |             |             |
| $c_1$                           | -5      | 10      | 0,25                 |             |            | 0,0000639  |             |             |

| VOLUNTARIO 2:                        | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |        |         |             |        |        |
|--------------------------------------|---------|---------|----------------------|--------|---------|-------------|--------|--------|
|                                      |         |         | NO OPTIMIZADO        |        |         | OPTIMIZADO  |        |        |
|                                      |         |         | BIC                  | BRD    | TRI     | BIC         | BRD    | TRI    |
| <b>FCEGS0811</b>                     |         |         |                      |        |         |             |        |        |
| $A$                                  | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99   | 0,99    | 0,9622      | 0,9739 | 0,9820 |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$          | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9975      | 0,9974 | 1,0030 |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$          | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9943      | 1,0040 | 1,0080 |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$      | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4776      | 0,3583 | 0,4985 |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$          | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1      | 1       | 0,9753      | 1,0450 | 1,0180 |
| $\beta$                              | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75   | 0,65    | 0,5424      | 0,7266 | 0,6223 |
| $\varphi_M$                          | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1    | 0,1     | 0,0746      | 0,0912 | 0,0979 |
| $\varphi_V$                          | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4896      | 0,4934 | 0,4848 |
| $a_0 [m]$                            | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184 | 0,0874  | 0,0631      | 0,1972 | 0,0292 |
| $a_1 \left[ \frac{m}{rad} \right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448 | 0,0327  | 0,2137      | 0,1136 | 0,0477 |
| $a_2 \left[ \frac{m}{rad^2} \right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303 | -0,0269 | 0,0398      | 0,5773 | 0,0426 |
| $a_3 \left[ \frac{m}{rad^3} \right]$ | -3      | 3       | -0,003               | 0,0084 | 0,0037  | -0,0251     | 0,2226 | 0,0097 |
| $b_0 [m]$                            | -3      | 3       | 0,0131               | 0,0136 | -0,022  | -2,9960     | 1,5120 | 2,5230 |
| $b_1 \left[ \frac{m}{rad} \right]$   | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077  | -0,0187 | 3,0000      | 3,0000 | 3,0000 |
| $b_2 \left[ \frac{m}{rad^2} \right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | 0,0284 | 0,023   | -0,9959     | 0,0824 | 0,0624 |
| $b_3 \left[ \frac{m}{rad^3} \right]$ | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038 | -0,0063 | 2,5690      | 0,1489 | 0,1193 |
| $c_0$                                | -1      | 1       | 0,2                  |        |         | 0,146085477 |        |        |
| $c_1$                                | -5      | 10      | 0,3                  |        |         | 0,000103798 |        |        |

| VOLUNTARIO 3:                      | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |        |         |            |              |        |
|------------------------------------|---------|---------|----------------------|--------|---------|------------|--------------|--------|
|                                    |         |         | NO OPTIMIZADO        |        |         | OPTIMIZADO |              |        |
|                                    |         |         | BIC                  | BRD    | TRI     | BIC        | BRD          | TRI    |
| <b>FGPA0311</b>                    |         |         |                      |        |         |            |              |        |
| $A$                                | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99   | 0,99    | 0,9793     | 0,9815       | 0,9662 |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9988     | 1,0030       | 1,0010 |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 1,0060     | 0,9956       | 0,9977 |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$    | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4842     | 0,3859       | 0,4799 |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$        | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1      | 1       | 0,9751     | 1,0050       | 0,9952 |
| $\beta$                            | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75   | 0,65    | 0,5534     | 0,7340       | 0,3891 |
| $\varphi_M$                        | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1    | 0,1     | 0,0936     | 0,0982       | 0,0946 |
| $\varphi_V$                        | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4932     | 0,5030       | 0,4265 |
| $a_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184 | 0,0874  | 0,1715     | 0,0603       | 0,0820 |
| $a_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448 | 0,0327  | 0,1956     | 0,0985       | 0,1152 |
| $a_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303 | -0,0269 | -0,0777    | 0,1377       | -      |
| $a_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,003               | -      | 0,0037  | -0,0219    | -            | -      |
| $b_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0131               | -      | -0,022  | -0,0022    | 1,7550       | -      |
| $b_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077  | -0,0187 | 3,0000     | 3,0000       | 3,0000 |
| $b_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | -      | 0,023   | -0,1647    | 1,0690       | -      |
| $b_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038 | -0,0063 | -0,8627    | -            | 1,7940 |
| $c_0$                              | -1      | 1       |                      | -0,2   |         |            | -0,148410159 |        |
| $c_1$                              | -5      | 10      |                      | -1,3   |         |            | 0,016986254  |        |

| VOLUNTARIO 4:                      | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |        |         |              |        |        |
|------------------------------------|---------|---------|----------------------|--------|---------|--------------|--------|--------|
|                                    |         |         | NO OPTIMIZADO        |        |         | OPTIMIZADO   |        |        |
|                                    |         |         | BIC                  | BRD    | TRI     | BIC          | BRD    | TRI    |
| <b>FMADE0211</b>                   |         |         |                      |        |         |              |        |        |
| $A$                                | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99   | 0,99    | 0,9858       | 0,9839 | 0,8190 |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9984       | 1,0020 | 1,0000 |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 1,0020       | 0,9896 | 1,0000 |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$    | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,3795       | 0,3897 | 0,2099 |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$        | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1      | 1       | 1,0050       | 1,4220 | 1,1240 |
| $\beta$                            | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75   | 0,65    | 0,5505       | 0,5456 | 0,7042 |
| $\varphi_M$                        | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1    | 0,1     | 0,0141       | 0,0999 | 0,1000 |
| $\varphi_V$                        | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4947       | 0,5026 | 0,3958 |
| $a_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184 | 0,0874  | 0,0259       | 0,0613 | 0,0105 |
| $a_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448 | 0,0327  | 0,1036       | 0,2563 | 0,0457 |
| $a_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303 | -0,0269 | 0,1229       | 0,0113 | -      |
| $a_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,003               | 0,0084 | 0,0037  | -0,0343      | 0,0119 | 0,0237 |
| $b_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0131               | 0,0136 | -0,022  | 1,0210       | 2,9700 | 0,0846 |
| $b_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077  | -0,0187 | 3,0000       | 3,0000 | 3,0000 |
| $b_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | 0,0284 | 0,023   | -1,4670      | 0,7404 | 0,3148 |
| $b_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038 | -0,0063 | 0,4565       | 1,3700 | 2,8790 |
| $c_0$                              | -1      | 1       | 0,3                  |        |         | 0,273578207  |        |        |
| $c_1$                              | -5      | 10      | 0,7                  |        |         | -0,000434476 |        |        |

| VOLUNTARIO 5:                        | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |        |         |              |        |        |
|--------------------------------------|---------|---------|----------------------|--------|---------|--------------|--------|--------|
|                                      |         |         | NO OPTIMIZADO        |        |         | OPTIMIZADO   |        |        |
|                                      |         |         | BIC                  | BRD    | TRI     | BIC          | BRD    | TRI    |
| <b>FSRV0811</b>                      |         |         |                      |        |         |              |        |        |
| $A$                                  | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99   | 0,99    | 0,2164       | 0,9829 | 0,3084 |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$          | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9999       | 1,0010 | 1,0000 |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$          | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9991       | 1,0220 | 0,9997 |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$      | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4719       | 0,4983 | 0,4979 |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$          | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1      | 1       | 0,9755       | 0,9677 | 0,9736 |
| $\beta$                              | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75   | 0,65    | 0,5497       | 0,7234 | 0,2598 |
| $\varphi_M$                          | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1    | 0,1     | 0,0092       | 0,0990 | 0,0995 |
| $\varphi_V$                          | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,1071       | 0,5033 | 0,4998 |
| $a_0 [m]$                            | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184 | 0,0874  | 0,3058       | 0,2741 | 0,1019 |
| $a_1 \left[ \frac{m}{rad} \right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448 | 0,0327  | 0,0347       | 0,0197 | 0,0390 |
| $a_2 \left[ \frac{m}{rad^2} \right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303 | -0,0269 | 0,0038       | 0,0115 | -      |
| $a_3 \left[ \frac{m}{rad^3} \right]$ | -3      | 3       | -0,003               | -      | 0,0037  | 0,0055       | -      | -      |
| $b_0 [m]$                            | -3      | 3       | 0,0131               | -      | -0,022  | -1,9740      | 1,3380 | 1,5680 |
| $b_1 \left[ \frac{m}{rad} \right]$   | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077  | -0,0187 | 3,0000       | 3,0000 | 3,0000 |
| $b_2 \left[ \frac{m}{rad^2} \right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | -      | 0,023   | -1,1130      | 0,4042 | 2,4370 |
| $b_3 \left[ \frac{m}{rad^3} \right]$ | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038 | -0,0063 | 0,2394       | 0,1037 | 0,0911 |
| $c_0$                                | -1      | 1       | 0,25                 |        |         | -0,092017361 |        |        |
| $c_1$                                | -5      | 10      | 0,7                  |        |         | -0,005814736 |        |        |

| VOLUNTARIO 6:                        | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |        |         |              |         |         |
|--------------------------------------|---------|---------|----------------------|--------|---------|--------------|---------|---------|
|                                      |         |         | NO OPTIMIZADO        |        |         | OPTIMIZADO   |         |         |
|                                      |         |         | BIC                  | BRD    | TRI     | BIC          | BRD     | TRI     |
| <b>MDMT0711</b>                      |         |         |                      |        |         |              |         |         |
| $A$                                  | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99   | 0,99    | 0,9662       | 0,9389  | 0,9825  |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$          | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 1,007        | 1,001   | 1,004   |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$          | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9821       | 1,015   | 0,9999  |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$      | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4795       | 0,4838  | 0,4957  |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$          | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1      | 1       | 0,9778       | 0,9892  | 1,003   |
| $\beta$                              | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75   | 0,65    | 0,5586       | 0,7407  | 0,625   |
| $\varphi_M$                          | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1    | 0,1     | 0,0954       | 0,0962  | 0,09041 |
| $\varphi_V$                          | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4117       | 0,4921  | 0,4706  |
| $a_0 [m]$                            | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184 | 0,0874  | 0,3076       | 0,3715  | 0,1686  |
| $a_1 \left[ \frac{m}{rad} \right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448 | 0,0327  | 0,03282      | 0,05181 | 0,02466 |
| $a_2 \left[ \frac{m}{rad^2} \right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303 | -0,0269 | 0,1326       | -0,1596 | 0,08753 |
| $a_3 \left[ \frac{m}{rad^3} \right]$ | -3      | 3       | -0,003               | 0,0084 | 0,0037  | 0,05956      | 0,06221 | 0,02727 |
| $b_0 [m]$                            | -3      | 3       | 0,0131               | 0,0136 | -0,022  | -0,1367      | 2,809   | -0,7056 |
| $b_1 \left[ \frac{m}{rad} \right]$   | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077  | -0,0187 | 3            | 3       | 3       |
| $b_2 \left[ \frac{m}{rad^2} \right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | 0,0284 | 0,023   | 0,2317       | -2,791  | -0,1184 |
| $b_3 \left[ \frac{m}{rad^3} \right]$ | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038 | -0,0063 | -0,2286      | 0,07424 | 0,03344 |
| $c_0$                                | -1      | 1       | -0,3                 |        |         | -0,296083425 |         |         |
| $c_1$                                | -5      | 10      | -2,1                 |        |         | 0,008619127  |         |         |

| VOLUNTARIO 7:                      | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |        |         |             |         |         |
|------------------------------------|---------|---------|----------------------|--------|---------|-------------|---------|---------|
|                                    |         |         | NO OPTIMIZADO        |        |         | OPTIMIZADO  |         |         |
|                                    |         |         | BIC                  | BRD    | TRI     | BIC         | BRD     | TRI     |
| <b>MEC0811</b>                     |         |         |                      |        |         |             |         |         |
| $A$                                | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99   | 0,99    | 0,8463      | 0,4423  | 0,9568  |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9952      | 0,9903  | 1,006   |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9849      | 0,9992  | 0,9974  |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$    | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4872      | 0,4807  | 0,4923  |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$        | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1      | 1       | 1,017       | 0,8952  | 1,01    |
| $\beta$                            | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75   | 0,65    | 0,5507      | 0,2763  | 0,4207  |
| $\varphi_M$                        | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1    | 0,1     | 0,09067     | 0,0953  | 0,09435 |
| $\varphi_V$                        | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4261      | 0,2315  | 0,5012  |
| $a_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184 | 0,0874  | 0,0004726   | 0,4057  | 0,1889  |
| $a_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448 | 0,0327  | -0,05608    | 0,07546 | -0,143  |
| $a_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303 | -0,0269 | -0,01166    | -0,0673 | 0,01568 |
| $a_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,003               | 0,0084 | 0,0037  | 0,0481      | 0,06438 | 0,02422 |
| $b_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0131               | 0,0136 | -0,022  | -3          | 2,994   | -1      |
| $b_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077  | -0,0187 | 3           | 3       | 3       |
| $b_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | 0,0284 | 0,023   | 2,308       | 2,994   | 0,6835  |
| $b_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038 | -0,0063 | -1,082      | 2,956   | 0,01837 |
| $c_0$                              | -1      | 1       | 0,3                  |        |         | 0,134872293 |         |         |
| $c_1$                              | -5      | 10      | 0,35                 |        |         | 0,000128293 |         |         |



| VOLUNTARIO 8:                      | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |         |         |              |          |           |
|------------------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|--------------|----------|-----------|
|                                    |         |         | NO OPTIMIZADO        |         |         | OPTIMIZADO   |          |           |
|                                    |         |         | BIC                  | BRD     | TRI     | BIC          | BRD      | TRI       |
| <b>MEHS0711</b>                    |         |         |                      |         |         |              |          |           |
| $A$                                | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99    | 0,99    | 0,9859       | 0,05134  | 0,9795    |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1       | 1       | 0,9972       | 1,002    | 1         |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1       | 1       | 0,9989       | 0,9995   | 1,005     |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$    | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5     | 0,5     | 0,4956       | 0,09927  | 0,4966    |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$        | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1       | 1       | 0,675        | 0,5725   | 0,9977    |
| $\beta$                            | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75    | 0,65    | 0,5493       | 0,7478   | 0,6378    |
| $\varphi_M$                        | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1     | 0,1     | 0,09779      | 0,09839  | 0,09857   |
| $\varphi_V$                        | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5     | 0,5     | 0,1051       | 0,5072   | 0,4952    |
| $a_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184  | 0,0874  | 0,1035       | 0,002598 | 0,07708   |
| $a_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448  | 0,0327  | 0,05507      | -0,09739 | 0,0462    |
| $a_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303  | -0,0269 | 0,009832     | -0,01177 | -0,02312  |
| $a_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,003               | -0,0084 | 0,0037  | -0,01631     | -0,01308 | 0,0005589 |
| $b_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0131               | 0,0136  | -0,022  | -0,8375      | -2,949   | -0,4194   |
| $b_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077   | -0,0187 | 3            | 3        | 3         |
| $b_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | 0,0284  | 0,023   | 0,1964       | 0,4844   | -0,1935   |
| $b_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038  | -0,0063 | -0,3202      | -0,8932  | -0,2428   |
| $c_0$                              | -1      | 1       | -0,3                 |         |         | -0,223418417 |          |           |
| $c_1$                              | -5      | 10      | -2                   |         |         | 0,01342696   |          |           |

| VOLUNTARIO 9:                      | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |         |         |             |         |         |
|------------------------------------|---------|---------|----------------------|---------|---------|-------------|---------|---------|
|                                    |         |         | NO OPTIMIZADO        |         |         | OPTIMIZADO  |         |         |
|                                    |         |         | BIC                  | BRD     | TRI     | BIC         | BRD     | TRI     |
| <b>MIMC2810</b>                    |         |         |                      |         |         |             |         |         |
| $A$                                | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99    | 0,99    | 0,9835      | 0,2416  | 0,9895  |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1       | 1       | 0,9996      | 0,9995  | 0,9992  |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1       | 1       | 1,001       | 0,9986  | 1,001   |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$    | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5     | 0,5     | 0,4419      | 0,4983  | 0,4978  |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$        | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1       | 1       | 1,12        | 0,8953  | 0,9927  |
| $\beta$                            | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75    | 0,65    | 0,5512      | 0,7484  | 0,6493  |
| $\varphi_M$                        | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1     | 0,1     | 0,09932     | 0,08777 | 0,09946 |
| $\varphi_V$                        | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5     | 0,5     | 0,5008      | 0,5012  | 0,5628  |
| $a_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184  | 0,0874  | -0,03192    | 0,07623 | 0,1552  |
| $a_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448  | 0,0327  | 0,0551      | 0,04592 | -0,1105 |
| $a_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303  | -0,0269 | 0,002836    | 0,1943  | 0,02909 |
| $a_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,003               | -0,0084 | 0,0037  | -0,00777    | 0,01386 | 0,03457 |
| $b_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0131               | 0,0136  | -0,022  | -2,443      | -0,9378 | 0,02708 |
| $b_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077   | -0,0187 | 3           | 3       | 3       |
| $b_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | 0,0284  | 0,023   | 2,157       | -0,2306 | 0,3086  |
| $b_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038  | -0,0063 | 1,689       | 0,4289  | 2,012   |
| $c_0$                              | -1      | 1       | 0,3                  |         |         | 0,05200493  |         |         |
| $c_1$                              | -5      | 10      | 0,6                  |         |         | 8,44297E-05 |         |         |

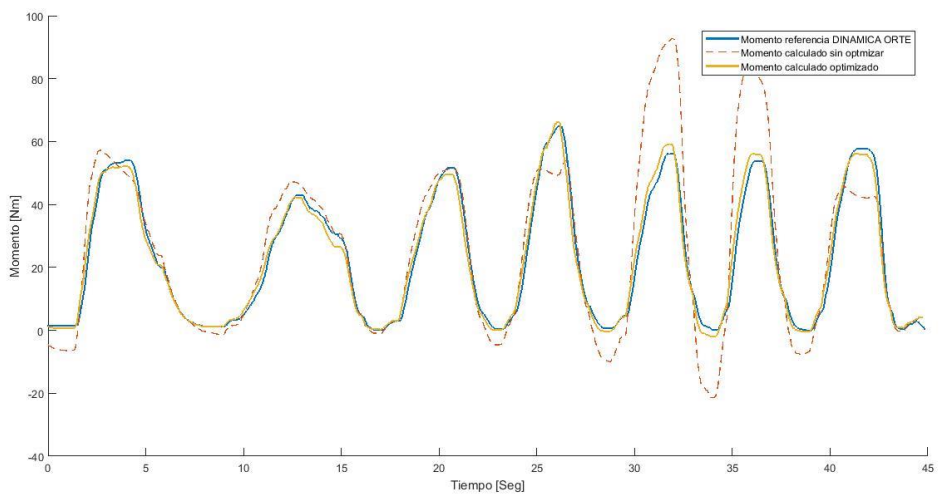
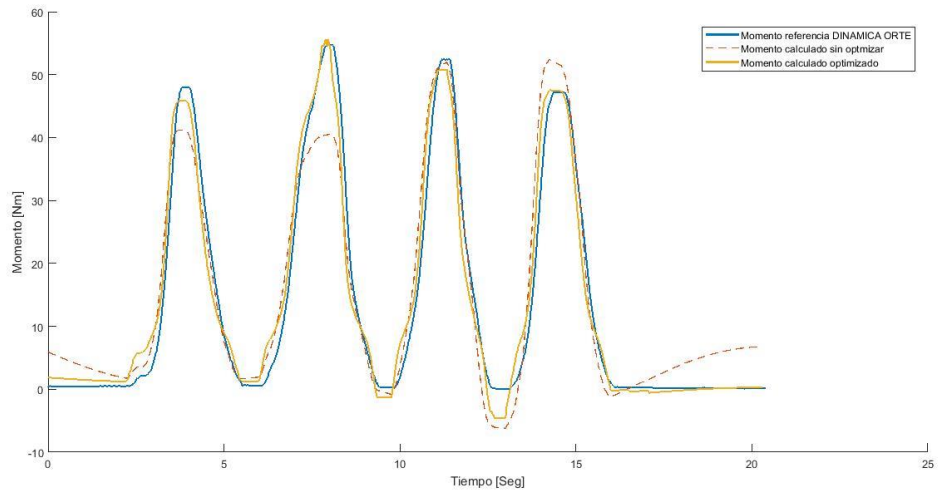
| VOLUNTARIO 10:                       | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |        |         |            |             |         |
|--------------------------------------|---------|---------|----------------------|--------|---------|------------|-------------|---------|
|                                      |         |         | NO OPTIMIZADO        |        |         | OPTIMIZADO |             |         |
|                                      |         |         | BIC                  | BRD    | TRI     | BIC        | BRD         | TRI     |
| <b>MJGM2510</b>                      |         |         |                      |        |         |            |             |         |
| $A$                                  | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99   | 0,99    | 0,9607     | 0,9242      | 0,5217  |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$          | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9836     | 1,004       | 1,033   |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$          | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9861     | 0,9501      | 0,9872  |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$      | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4614     | 0,442       | 0,4699  |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$          | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1      | 1       | 1,114      | 1,201       | 0,9547  |
| $\beta$                              | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75   | 0,65    | 0,5194     | 0,6884      | 0,5915  |
| $\varphi_M$                          | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1    | 0,1     | 0,07267    | 0,08639     | 0,08233 |
| $\varphi_V$                          | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4583     | 0,3766      | 0,3921  |
| $a_0 [m]$                            | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184 | 0,0874  | -0,0251    | 0,178       | 0,2288  |
| $a_1 \left[ \frac{m}{rad} \right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448 | 0,0327  | 0,1377     | 0,05262     | -0,1866 |
| $a_2 \left[ \frac{m}{rad^2} \right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303 | -0,0269 | -          | 0,2761      | -0,1346 |
| $a_3 \left[ \frac{m}{rad^3} \right]$ | -3      | 3       | -0,003               | -      | 0,0037  | 0,08613    | -           | 0,1176  |
| $b_0 [m]$                            | -3      | 3       | 0,0131               | -      | -0,022  | 0,01279    | 0,07677     | 0,1176  |
| $b_1 \left[ \frac{m}{rad} \right]$   | -3      | 3       | 0,0136               | 0,0136 | -0,022  | -2,022     | 2,448       | -1,624  |
| $b_2 \left[ \frac{m}{rad^2} \right]$ | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077  | -0,0187 | 3          | 3           | 3       |
| $b_3 \left[ \frac{m}{rad^3} \right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | -      | 0,023   | 2,497      | -0,5404     | -2,162  |
| $c_0$                                | -1      | 1       | -0,0067              | 0,0038 | -0,0063 | 2,995      | -0,9301     | 2,058   |
| $c_1$                                | -5      | 10      |                      | 0,3    |         |            | 0,1029151   |         |
|                                      |         |         |                      | 0,3    |         |            | 0,000103554 |         |

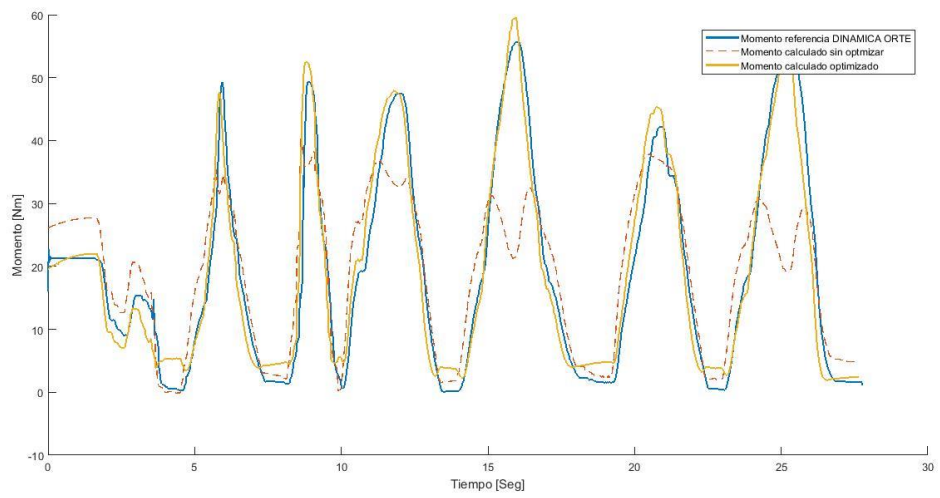
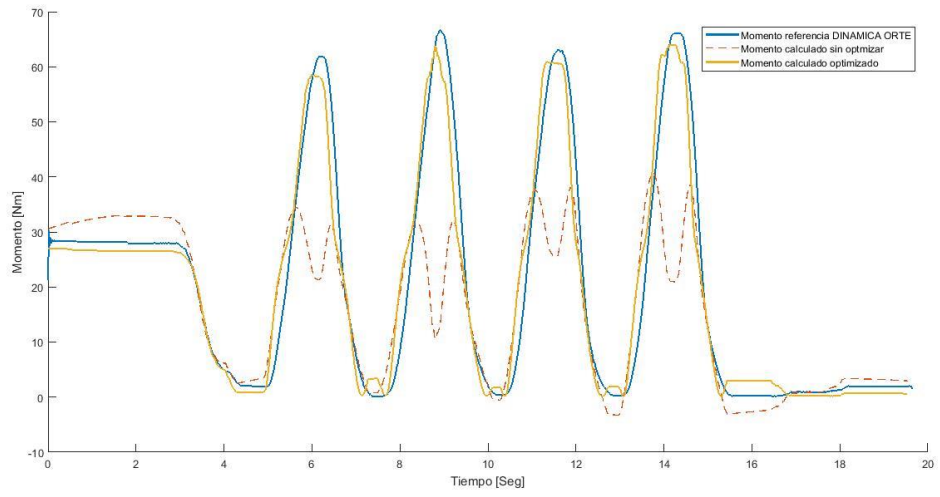
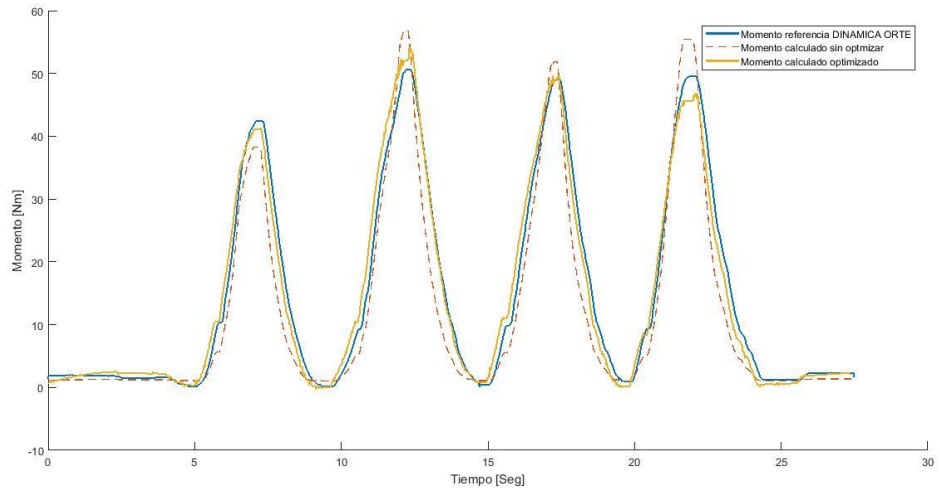
| VOLUNTARIO 11:                       | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |        |         |              |          |          |
|--------------------------------------|---------|---------|----------------------|--------|---------|--------------|----------|----------|
|                                      |         |         | NO OPTIMIZADO        |        |         | OPTIMIZADO   |          |          |
|                                      |         |         | BIC                  | BRD    | TRI     | BIC          | BRD      | TRI      |
| <b>MLJMC2710</b>                     |         |         |                      |        |         |              |          |          |
| $A$                                  | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99   | 0,99    | 0,9886       | 0,05459  | 0,99     |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$          | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9776       | 0,9745   | 0,9889   |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$          | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,8973       | 0,973    | 0,9664   |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$      | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4554       | 0,1925   | 0,3979   |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$          | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1      | 1       | 0,8677       | 0,8106   | 0,9174   |
| $\beta$                              | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75   | 0,65    | 0,4882       | 0,6167   | 0,67     |
| $\varphi_M$                          | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1    | 0,1     | 0,005157     | 0,06608  | -0,03931 |
| $\varphi_V$                          | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,3961       | 0,4412   | 0,3075   |
| $a_0 [m]$                            | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184 | 0,0874  | 0,005275     | 0,01412  | 0,004827 |
| $a_1 \left[ \frac{m}{rad} \right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448 | 0,0327  | 0,03647      | 0,003646 | 0,06596  |
| $a_2 \left[ \frac{m}{rad^2} \right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303 | -0,0269 | 0,004621     | -0,04832 | -0,11    |
| $a_3 \left[ \frac{m}{rad^3} \right]$ | -3      | 3       | -0,003               | -      | 0,0037  | 0,003534     | -0,2747  | 0,03319  |
| $b_0 [m]$                            | -3      | 3       | 0,0131               | -      | -0,022  | 0,9044       | -2,997   | 5,09E-05 |
| $b_1 \left[ \frac{m}{rad} \right]$   | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077  | -0,0187 | 3            | 3        | 3        |
| $b_2 \left[ \frac{m}{rad^2} \right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | -      | 0,023   | 0,2566       | -2,609   | -1,57    |
| $b_3 \left[ \frac{m}{rad^3} \right]$ | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038 | -0,0063 | 0,3315       | 0,558    | -0,722   |
| $c_0$                                | -1      | 1       | 0,5                  |        |         | 0,392101416  |          |          |
| $c_1$                                | -5      | 10      | 0,3                  |        |         | -0,000167522 |          |          |

| VOLUNTARIO 12:                     | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |        |         |             |         |          |
|------------------------------------|---------|---------|----------------------|--------|---------|-------------|---------|----------|
|                                    |         |         | NO OPTIMIZADO        |        |         | OPTIMIZADO  |         |          |
|                                    |         |         | BIC                  | BRD    | TRI     | BIC         | BRD     | TRI      |
| <b>MRAL0211</b>                    |         |         |                      |        |         |             |         |          |
| $A$                                | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99   | 0,99    | 0,9181      | 0,9467  | 0,9279   |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 1,016       | 1,012   | 0,9948   |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,995       | 0,9844  | 1,004    |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$    | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,468       | 0,4779  | 0,305    |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$        | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1      | 1       | 0,8493      | 0,8395  | 1,161    |
| $\beta$                            | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75   | 0,65    | 0,5382      | 0,7425  | 0,6389   |
| $\varphi_M$                        | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1    | 0,1     | 0,08708     | 0,08559 | 0,089    |
| $\varphi_V$                        | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,5869      | 0,7763  | 0,4907   |
| $a_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184 | 0,0874  | 0,2396      | 0,05857 | 0,04846  |
| $a_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448 | 0,0327  | -0,1204     | 0,2568  | 0,107    |
| $a_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303 | -0,0269 | 0,1153      | 0,04759 | 0,02189  |
| $a_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,003               | 0,0084 | 0,0037  | 0,06321     | -0,1792 | -0,04311 |
| $b_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0131               | 0,0136 | -0,022  | 0,7374      | 0,4091  | -2,866   |
| $b_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077  | -0,0187 | 3           | 3       | 3        |
| $b_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | 0,0284 | 0,023   | -1,068      | 0,1322  | -1,566   |
| $b_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038 | -0,0063 | 0,7795      | -1,459  | 0,003603 |
| $c_0$                              | -1      | 1       | 0,7                  |        |         | 0,200103542 |         |          |
| $c_1$                              | -5      | 10      | 2                    |        |         | 0,010928796 |         |          |

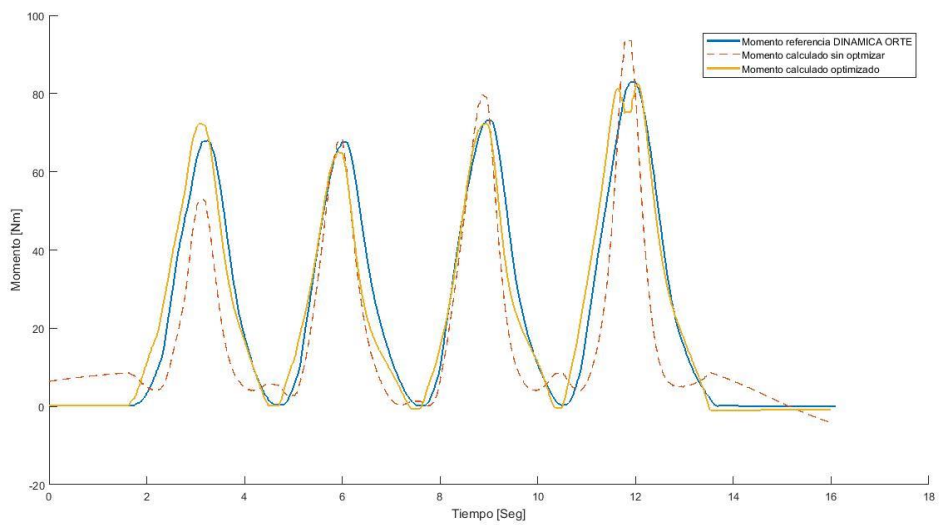
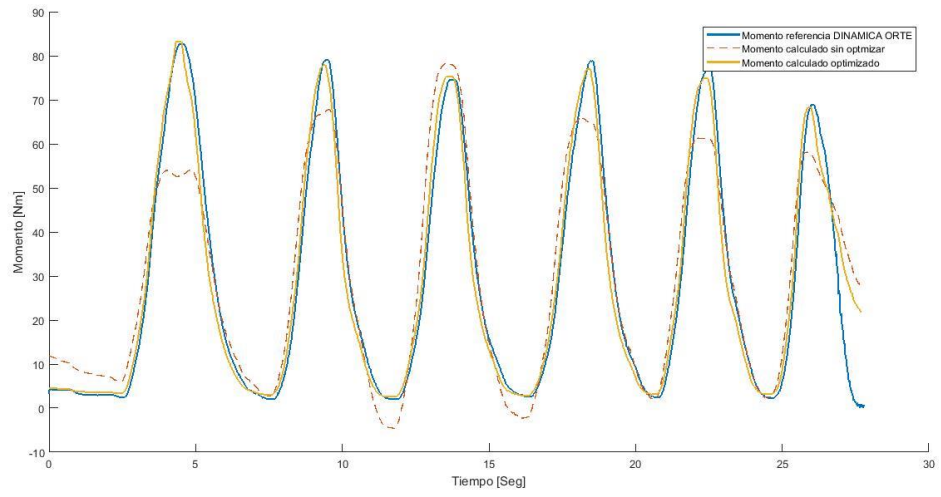
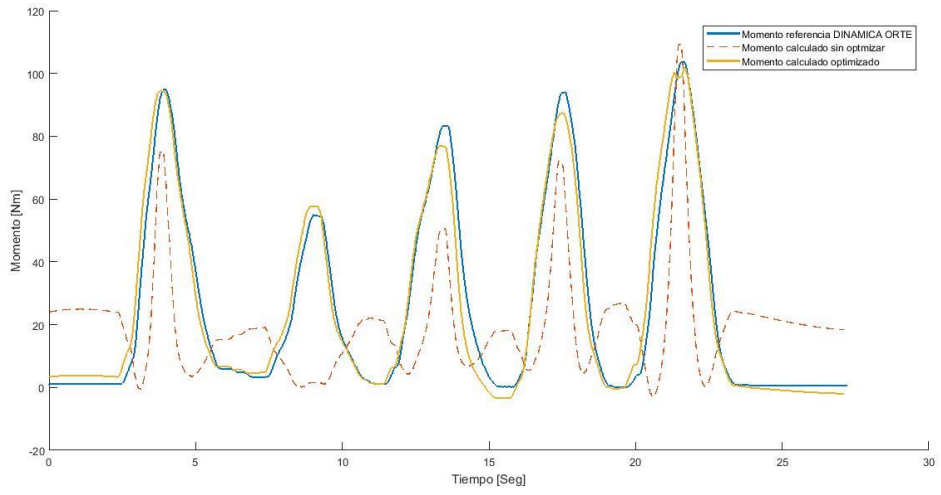
| VOLUNTARIO 13:                     | Lim inf | Lim sup | Vector de parámetros |        |         |              |         |          |
|------------------------------------|---------|---------|----------------------|--------|---------|--------------|---------|----------|
|                                    |         |         | NO OPTIMIZADO        |        |         | OPTIMIZADO   |         |          |
|                                    |         |         | BIC                  | BRD    | TRI     | BIC          | BRD     | TRI      |
| <b>MSHR0211</b>                    |         |         |                      |        |         |              |         |          |
| $A$                                | 0,05    | 0,99    | 0,99                 | 0,99   | 0,99    | 0,9871       | 0,9119  | 0,9868   |
| $L_O^M = x * L_O^M nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 1,001        | 1       | 0,9996   |
| $L_S^T = x * L_S^T nom [m]$        | 0,8     | 1,2     | 1                    | 1      | 1       | 0,9997       | 0,9994  | 0,9996   |
| $\alpha = x * \alpha nom [rad]$    | 0,8     | 1,2     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,443        | 0,4876  | 0,498    |
| $F_O^M = x * F_O^M nom [N]$        | 0,5     | 1,5     | 1                    | 1      | 1       | 0,9986       | 0,9993  | 0,9997   |
| $\beta$                            | 0,25    | 0,75    | 0,55                 | 0,75   | 0,65    | 0,5658       | 0,7106  | 0,6123   |
| $\varphi_M$                        | -0,1    | 0,1     | 0,1                  | 0,1    | 0,1     | -0,03552     | 0,01921 | 0,0279   |
| $\varphi_V$                        | 0,07    | 0,8     | 0,5                  | 0,5    | 0,5     | 0,4615       | 0,4994  | 0,5004   |
| $a_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0816               | 0,0184 | 0,0874  | -0,01311     | -0,3575 | 0,06384  |
| $a_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0416               | 0,0448 | 0,0327  | 0,04463      | 0,03    | 0,03724  |
| $a_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,008                | 0,0303 | -0,0269 | 0,001259     | 0,07067 | -0,02712 |
| $a_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,003               | 0,0084 | 0,0037  | 0,004924     | 0,08284 | 0,008405 |
| $b_0 [m]$                          | -3      | 3       | 0,0131               | 0,0136 | -0,022  | 0,2882       | 1,91    | 0,1077   |
| $b_1 \left[\frac{m}{rad}\right]$   | -3      | 3       | 0,0171               | 0,077  | -0,0187 | 3            | 3       | 3        |
| $b_2 \left[\frac{m}{rad^2}\right]$ | -3      | 3       | 0,0098               | 0,0284 | 0,023   | -0,1285      | -1,411  | 0,4623   |
| $b_3 \left[\frac{m}{rad^3}\right]$ | -3      | 3       | -0,0067              | 0,0038 | -0,0063 | -0,96        | 0,3607  | -2,659   |
| $c_0$                              | -1      | 1       | 0,5                  |        |         | 0,49516916   |         |          |
| $c_1$                              | -5      | 10      | 1,2                  |        |         | -0,001067359 |         |          |

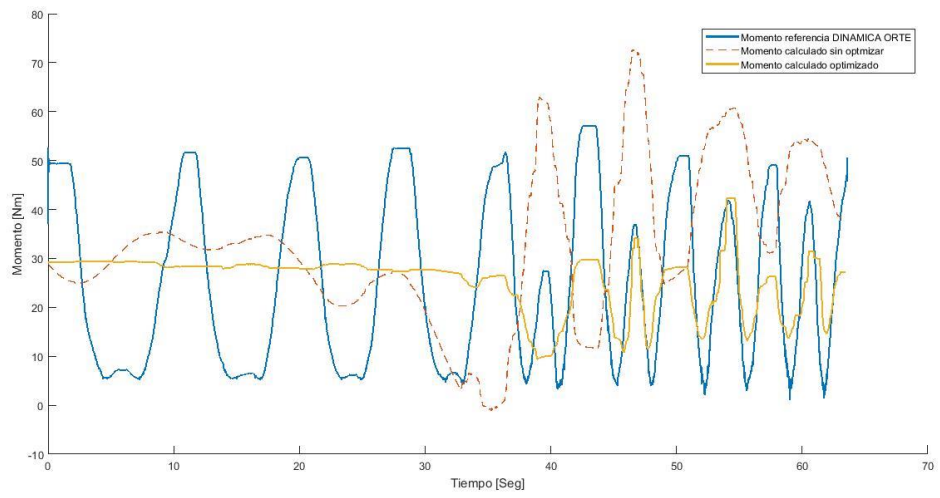
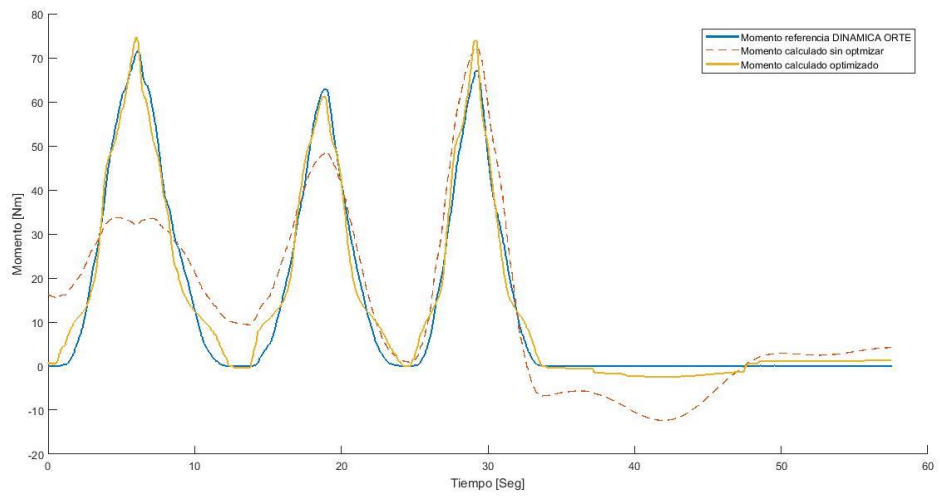
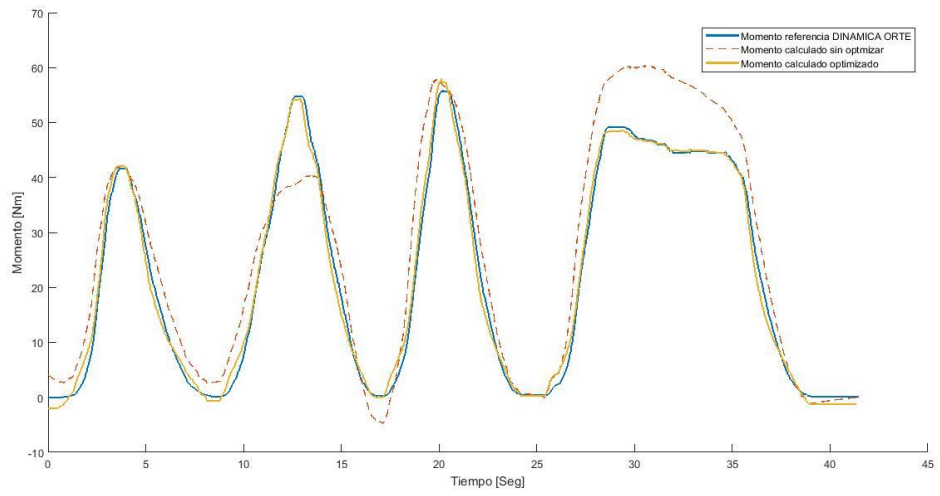
## ANEXO F: Momento sin optimizar vs. Momento optimizado

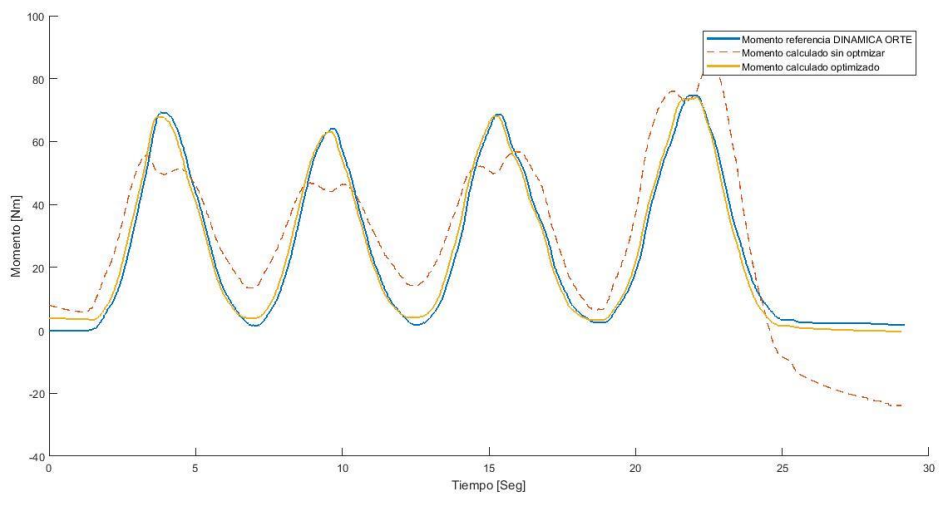
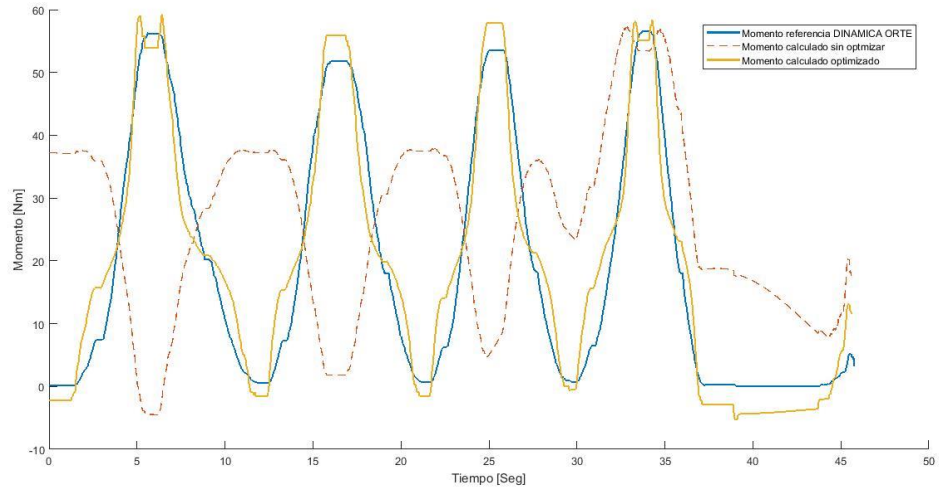












## ANEXO G: Códigos en MATLAB

---

### boot.m

```
%%BOOT Este codigo inicia todo.
% Agrega las ubicacion donde estaran todas las
% señales al Path de Matlab,
% carga el workspace que contiene las señales ya
% agregadas, corre el codigo iniciacion y abre el codigo main.m

clear
global usuario

usuario = 'nombre_usuario';

addpath(genpath('C:\Users\' nombre_usuario '\Google
Drive\_TESIS\MATLAB\codigos'))
eval(['cd 'C:\Users\' char(usuario) '\Google
Drive\_TESIS\MATLAB\final''']);

load('workspace_completo.mat')

iniciacion

open('main.m')
```

### iniciacion.m

```
% Este codigo busca las muestras que esten
% cargadas en el workspace y crea
% los vectores con las señales disponibles del
% EMG (muestrasEMG) y las señales
% disponibles del ORTE (muestrasORTE)

global voluntarios musculos movimientos HECHO

HECHO = false;

muestrasEMG = who('-regexp',
'^[MF](?!.*Pos).*_(?!.*Vel)(?!.*norm)(?!.*t)(?!.*Resamp)(?!.*trms)(?!.*
*ORTE)(?!.*MCV)(?!.*RMS)'); % muestrasEMG % señales que empiecen con
F o M case insensitive que no tengan MCV , RMS ni Pos
muestrasORTE = who('-regexp', '^[MF].*Pos(?!.*MCV)(?!.*RMS)');
% muestrarsORTE % señales que empiecen con F o M case
insensitive, contengan Pos y que no tengan MCV ni RMS

muestrasMCV = who('-regexp', '^[MF].*MCV(?!$)(?!.*RMS)');
% muestrarsORTE % señales que empiecen con F o M case
insensitive, contengan Pos y MCV y que no tengan RMS

for k=1:length(muestrasEMG)
    palabras(k,:) = strsplit(char(muestrasEMG(k)), '_'); %quedarse
    unicamente con la primera y segunda parte del nombre
end

voluntarios = unique(palabras(:,1)); %borrar los repetidos
movimientos = unique(palabras(:,2)); %borrar los repetidos
musculos = unique(palabras(:,3)); %borrar los repetidos
```

## main.m

```
%% CODIGO PRINCIPAL: en este código se ejecutan todas las acciones
% correspondientes al modelo.
%

    global voluntarios texto_a_buscar delta ventana overlap zeropad
orden fpa fpb nsample graficar Fs HECHO

    %addpath(genpath('C:\Users\Russo\Google
Drive\_TESIS\MATLAB\codigos'))

%
%      [  A      lm_o      lt_s      alpha      FM_o      beta      phim      phiv      a0
a1      a2      a3      b0      b1      b2      b3      ]
x_init= {[0.99,      1      ,      1      ,      0.5      ,      1      ,      0.55      ,      0.1,      0.5,
0.0816, 0.0416,0.0080,-0.0030,0.0131,0.0171,0.0098,-0.0067]...
[0.99,      1      ,      1      ,      0.5      ,      1      ,      0.75      ,      0.1,      0.5,
0.0184, 0.0448,0.0303,-0.0084,-0.0136,0.0770,-0.0284,0.0038]...
[0.99,      1      ,      1      ,      0.5      ,      1      ,      0.65      ,      0.1,      0.5,
0.0874, 0.0327,-0.0269,0.0037,-0.0220,-0.0187,0.0230,-0.0063]};

% x_init=
{[0.2797,0.8005,0.8140,0.8264,0.7059,0.56,0.0794,0.5624,0.0816,0.0416,
0.0080,-0.0030,0.0131,0.0171,0.0098,-0.0067]...
%
[0.2797,0.8005,0.8140,0.8264,0.7059,0.75,0.0794,0.5624,0.0184,0.0448,0
.0303,-0.0084,-0.0136,0.0770,-0.0284,0.0038]...
%
[0.2797,0.8005,0.8140,0.8264,0.7059,0.66,0.0794,0.5624,0.0874,0.0327,-
0.0269,0.0037,-0.0220,-0.0187,0.0230,-0.0063]};

%
%      [      1      2      3      4      5
6      7      8      9      10      11
12      13      ]
k_ini = {[0.20,0.25];[0.20,0.30];[-0.20,-
1.30];[0.30,0.70];[0.25,0.70];[-0.30,-2.10];[0.30,0.35];[-0.30,-
2.00];[0.30,0.60];[0.30,0.30];[0.50,0.30];[0.70,2.00];[0.50,1.20]};

%% identificar elementos

tic
disp('Variables Globales:')

%% Variables globales %%

%
%      x=[0.5,1,1,0.1,1,0.5,1,1,0,0.4,0,0,0,0,0,0,0];

% x =
[0.2797,0.8005,0.8140,0.1264,0.7059,0.2500,1.1977,0.8158,0.0423,0.4651
,-0.0207,-0.1080,0.1220,-0.0767,1.9547,0.6435,-1.1240,2.9515];

    Fs = 1024; %Frecuencia de Muestreo señal (Hz)

% Graficado
```

```

        %%graficar = [graficarseparado , graficarjuntos ,
graficaralternativas , graficaralternativasjuntas]
        graficar=[1,0,0,0];

    % Parametros RMS
        ventana = 250/1000*Fs; % resultado en mSeg / n° de
muestras
        overlap = 20/1000*Fs; % solapamiento. n° de muestras
(desde ultima muestra de ventana)
        delta = ventana - overlap;
        zeropad = 0;

    % Parametros Butterworth

        orden = 4;
        fpa = 20; % Frecuencia Pasa Alto (Hz)
        fpb = 6; % Frecuencia Pasa Bajo (Hz)

    % Parametros Moving average

        nsample = 125; % mSeg

    %% Señales a filtrar %Crea u(t)
"VOLUNTARIO_MOVIMIENTO_MUSCULO_RMS"%%

    %% modo_manual
    %%
    % Señal 1 a analizar
    % texto_a_buscar = 'FGPA0311_AbdAdHombro_Deltoides'; %%
CAMBIAR ACA %%
    % Señal 2 a analizar
    % nombre_senial(2) = 'MSHR0211_FlexoextensionCodo_Biceps';
%% CAMBIAR ACA %%
    % Señal 3 a analizar
    % nombre_senial(3) = 'MSHR0211_FlexoextensionCodo_Triceps';
%% CAMBIAR ACA %%
    %%
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %
    %% Filtrar por voluntario
    %
    % index = 1; %% CAMBIAR ACA N° Voluntario
    %
    % texto_a_buscar = char(voluntarios(index));
    %
    % %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %
    %% Filtrar por musculo
    %
    % index = 1; %% CAMBIAR ACA N° Voluntario
    %
    % texto_a_buscar = char(musculos(index));
    %
    % %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    %
    %% Filtrar por movimiento
    % tic
    % index = 6; %% CAMBIAR ACA N° movimiento

```

```

%
    texto_a_buscar = char(movimientos(index));
%
% %
%%

    nombre_senial =
muestrasEMG(find(not(cellfun('isempty',strfind(muestrasEMG,texto_a_bus
car))))));

toc

% EJECUCION FUNCION FILTRADO

tic
disp('Ejecucion Funcion FILTRADO:')

for i=1:length(nombre_senial)

    u=2;
    t=1;

    y = eval(char(nombre_senial(i)));
    ti = linspace(0,(1/Fs)*length(y),length(y)); % Vector Tiempo

    %Ejecutar funcion filtrado [tiempo_u,u] = (nombre
señal,vector graficar,tiempo,raw) // recibe: señal raw,Fs / Entrega:
emg_RMS
    eval(['[' char(nombre_senial(i)) '_modelado{t}, '
char(nombre_senial(i)) '_modelado{u}] =
filtrado(nombre_senial(i),graficar,ti,y);']);

end
toc
    %% Filtrar todos

%% Hacer RMS a cada porcion de MCV
tic
disp('Generador de MCV:')

mcv_generator
toc

%% Normaliza las señales con su respectivo MCV
tic
disp('Normalizacion respecto a MCV:')

normalizacion
toc

% %% Resample para igualar frecuencias
%
% tic
% disp('Resample:')

```

```

% [P,Q] = rat(delta*50/Fs);
%
% for i=1:length(nombre_serial)
%
% %Ejecutar para cada musculo
%     eval([char(nombre_serial(i)) '_Resamp = resample('
char(nombre_serial(i)) '_RMS_norm,P,Q);']);
%     eval([char(nombre_serial(i)) '_trms =
(linspace(0,(1/50)*length(' char(nombre_serial(i)) '_Resamp),length('
char(nombre_serial(i)) '_Resamp))';']);
%
%
(linspace(0,(delta/Fs)*length(FBL0711_FlexoextensionCodo_Biceps_RMS_no
rm),length(FBL0711_FlexoextensionCodo_Biceps_RMS_norm))');
% end
% toc
%% Vectores
tic
disp('Generador de Vectores (u,ORTE,din_ORTE,t_modelo):')

cinematicaORTE{length(voluntarios),2}=[];
for i=1:length(voluntarios)

% Vector U
u_a_modelar = who('-regexp', [char(voluntarios(i)) '.*'
char(texto_a_buscar) '.*_modelado$']);

% Vector ORTE
theta_a_modelar = who('-regexp', [char(voluntarios(i)) '.*'
char(texto_a_buscar) '.*_PosFlexCodo$']);

    for e=1:length(u_a_modelar)

        eval(['u_t {i,e} = ' char(u_a_modelar(e)) ';']);

    end

% Vector ORTE

theta_a_modelar = who('-regexp', [char(voluntarios(i)) '.*'
char(texto_a_buscar) '.*_PosFlexCodo$']);
dtheta_a_modelar = who('-regexp', [char(voluntarios(i)) '.*'
char(texto_a_buscar) '.*_VelFlexCodo$']);

    eval(['largopos = length(' char(theta_a_modelar) ');']);

    cinematicaORTE{i,1} = (linspace(0,(1/50)*largopos, largopos))';

    eval(['cinematicaORTE{i,2} = ' char(theta_a_modelar) ';']);
    eval(['cinematicaORTE{i,3} = ' char(dtheta_a_modelar) ';']);

end

toc

%% Ecuaciones dinamicas para optimizar

```



```

% DATOS PARA OBTENER TORQUE DINAMICO
%
% ecuaciones_dinamicas_ORTE{1} = who('-
regexp','FlexoextensionCodo_PosAbdHombro');
% ecuaciones_dinamicas_ORTE{2} = who('-
regexp','FlexoextensionCodo_PosFlexHombro');
% ecuaciones_dinamicas_ORTE{3} = who('-
regexp','FlexoextensionCodo_PosFlexCodo');

% for k=1:length(ecuaciones_dinamicas_ORTE{1})
%     contenidovariabile=[];
%
ecu_dinam_ORTE_eval{k,1}=eval(char(eval(sprintf('ecuaciones_dinamicas_
ORTE{1}(%d)', k))));
%
ecu_dinam_ORTE_eval{k,2}=eval(char(eval(sprintf('ecuaciones_dinamicas_
ORTE{2}(%d)', k))));
%
ecu_dinam_ORTE_eval{k,3}=eval(char(eval(sprintf('ecuaciones_dinamicas_
ORTE{3}(%d)', k))));
%
%     contenidovariabile(:,4)=degtorad(ecu_dinam_ORTE_eval{k,3});
%     contenidovariabile(:,3)=degtorad(ecu_dinam_ORTE_eval{k,2});
%     contenidovariabile(:,2)=degtorad(ecu_dinam_ORTE_eval{k,1});
%     contenidovariabile(:,1)=
linspace(0,(1/50)*length(ecu_dinam_ORTE_eval{k,1}),length(ecu_dinam_OR
TE_eval{k,1}));
%
%     nombreadchivo =
strcat(strrep(ecuaciones_dinamicas_ORTE{1}(k),'_PosAbdHombro',''),' .da
t');
%
%     eval(['save ('' char(nombreadchivo) '' ,
''contenidovariabile'', '-ascii');']);
%
% end

%% DINAMICA ORTE      % Carga de datos obtenidos con SOFT

if HECHO == false

    dinamicaORTE{length(voluntarios),2}=[];
    for i=1:length(voluntarios)
        eval(['Par = load(''C:\Users\' char(usuario) '\Google
Drive\_TESIS\Mediciones\DINAMICA ORTE\' char(voluntarios(i))
'\Par3.mat');'])
        %eval(['Par = load(''C:\Users\Lucas Libson\Desktop\tesis
negra\DINAMICA ORTE\' char(voluntarios(i)) '\Par3.mat');'])

        %dinamicaORTE{i,1} = (Par.ans (1,:))';

        Par3 = Par.ans (2,:);
        Par3(1:60) = Par3(61);
        par_orte = -(Par3-max(Par3))./9.81./10;
        %par_orte = -(Par3-max(Par3));
        dinamicaORTE{i,2} = resample(par_orte,1,2);
        dinamicaORTE{i,1} =
(linspace(0,(1/50)*length(dinamicaORTE{i,2}),length(dinamicaORTE{i,2}
))');

```

```

        end

    end

    HECHO = true;

    %% ACONDICIONAMIENTO VECTORES

    %seleccion_porciones_vector

    % VECTOR t_modelo

    t_modelo{length(voluntarios)}=[];
    for k=1:length(voluntarios)

        arreglo={u_t{k,1}{1} u_t{k,2}{1} u_t{k,3}{1} cinematicaORTE{k,1}
dinamicaORTE{k,1}};
        [minsize, minidx] = min(cellfun('length', arreglo));

        t_modelo{k} = arreglo{minidx};
    end

    %parametros paciente

    x{length(voluntarios)}=[];
    x_altern{length(voluntarios)}=[];
    for k=1:length(voluntarios)
        x{k} = [x_init k_ini(k)];
    end

    end

    %% Obtener Tau  1:length(t_modelo{k})

    Tau_ini{length(voluntarios)}=[0];
    for k=1:length(voluntarios)

        tic
        disp(['Tiempo VOLUNTARIO ' int2str(k) ' modelo HILL'])
        % k = 1; % N de voluntario

        % LLAMADO MODELO HILL: funcion con la forma Retorno =
        (tiempo,u,ORTE,x,optimizar,din_ORTE)
        (tiempo,u,ORTE,x,optimizar,din_ORTE)

        arreglo={u_t{k,1}{1} u_t{k,2}{1} u_t{k,3}{1} };
        [minsize, minidx] = min(cellfun('length', arreglo));

        Tau_ini{k} = modelo_de_hill(t_modelo{k},{[u_t{k,1}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,1}{:,2}(1:minsize)] [u_t{k,2}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,2}{:,2}(1:minsize)] [u_t{k,3}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,3}{:,2}(1:minsize)]},
        [cinematicaORTE{k,:}],x{k},0,[dinamicaORTE{k,:}]);
    end

```

```

    %Tau_altern{k} = modelo_de_hill1(t_modelo{k}, {[u_t{k,1}{:}]
[u_t{k,2}{:}] [u_t{k,3}{:}]}, [cinematicaORTE{k,:}], x_altern{k}, 0, 0);

    % figure
    % hold on
    % plot(dinamicaORTE{k,1}, dinamicaORTE{k,2})
    % plot(t_modelo{k}, Tau_ini{k})

    toc
end

for k=1:length(voluntarios)
    x_opt{k} = [{x_optimizado(k,1:16)} {x_optimizado(k,17:32)}
{x_optimizado(k,33:48)} {x_optimizado(k,49:50)}];
    arreglo={u_t{k,1}{1} u_t{k,2}{1} u_t{k,3}{1} };
    [minsize, minidx] = min(cellfun('length', arreglo));

    Tau_opt{k} = modelo_de_hill(t_modelo{k}, {[u_t{k,1}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,1}{:,2}(1:minsize)] [u_t{k,2}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,2}{:,2}(1:minsize)] [u_t{k,3}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,3}{:,2}(1:minsize)]}, [cinematicaORTE{k,:}], x_opt{k}, 0, 0);

End

```

## filtrado.m

```

%% FUNCION FILTRADO:
% Es a la función que se llama para filtrar las señales de EMG

function [tiempo_u,u] = filtrado(nombre,graficar,t,raw) %recibe:
señal raw,Fs // Entrega: emg_RMS

%CON GRAFICO? 1=si 0=no
global ventana overlap orden fpa fpb nsample Fs delta
graficos_si=0;
solol=1;

graficarseparado=graficar(1);
graficarjuntos=graficar(2);
graficaralternativas=graficar(3);
graficaralternativasjuntas=graficar(4);

% Fs = 1024; %Frecuencia de Muestreo señal (Hz)
%
% Graficado
% %graficar = [graficarseparado , graficarjuntos ,
graficaralternativas , graficaralternativasjuntas]
% graficar=[0,1,0,0];
%
% Parametros RMS
% ventana = 250/1000*Fs; % resultado en mSeg / n° de
muestras
% overlap = 230/1000*Fs; % solapamiento. n° de muestras
(desde ultima muestra de ventana)
% delta = ventana - overlap;

```

```

%          zeropad = 0;
%
%      % Parametros Butterworth
%
%          orden = 4;
%          fpa = 20;      % Frecuencia Pasa Alto (Hz)
%          fpb = 6;      % Frecuencia Pasa Bajo (Hz)
%
%      % Parametros Moving average
%
%          nsample = 125; % mSeg

%señal sin componente continua (Demean)

    emg_demean=raw-mean(raw);

%señal con Filtro pasa-alto (20Hz)

    fn=Fs/2;      %Hz - Nyquist Frequency - 1/2 Sampling Frequency
    [b,a]=butter(orden, (fpa * 1.116 /fn), 'high');% Coeficientes del
filtro
    emg_pasaalto=filtfilt(b,a,emg_demean);

%señal rectificada
    emg_rect = abs(emg_pasaalto);

%señal envolvente
    % (RMS)
    del = round(ventana - overlap);
    indices = 1:del:length(emg_pasaalto);

    if length(emg_pasaalto) - indices(end) + 1 < ventana
        indices = indices(1:find(indices+ventana-1 <=
length(emg_pasaalto), 1, 'last')));
    end

    RMS = zeros(1, length(indices));
    emg_pasaalto2 = emg_pasaalto.^2;
    index = 0;

    for i = indices
        index = index+1;
        RMS(index) = sqrt(mean(emg_pasaalto2(i:i+ventana-1)));
    end

    t_rms = linspace(0, (del/Fs)*length(indices), length(indices));

    %Butter 6Hz
    fn=Fs/2;%Hz - Nyquist Frequency - 1/2 Sampling Frequency
    [b,a]=butter(orden, (fpb*1.116 /fn), 'low');% Coeficientes del
filtro

    emg_butter=abs(filtfilt(b,a,emg_demean));

%Moving average
    y = cumsum([0; emg_rect]); % agrega un 0 al principio de la
señal

```

```

        emg_movingae = (y(nsample+1:end) - y(1:(end-
nsample)))/nsample;

        inde = 1:1:length(emg_movingae);
        t_movinga = (inde/Fs)';

%graficado
    if (graficos_si==1)
        if (graficarseparado==1) && solol ==1
            figure
            subplot(5,1,1)
            plot(t,raw);
            title('Señal RAW');
            ylabel('Amplitud');

            subplot(5,1,2)
            plot(t,emg_pasaalto);
            title('Señal Filtrada');
            ylabel('mV');

            subplot(5,1,3)
            plot(t,emg_rect);
            title('Señal Rectificada');
            ylabel('mV');

            subplot(5,1,4)
            plot(t_rms,RMS);
            title('Señal RMS');
            xlabel('Tiempo (s)');
            ylabel('mV');
        end

        solol=2;

        if (graficarjuntos==1)
            figure
            set(gca, 'ColorOrder', [0.5 0.5 0.5; 1 0 0; 0 0 1],
'NextPlot', 'replacechildren');
            plot (t,raw,t,emg_rect,'LineWidth',0.7)
            hold
            plot (t_rms,RMS,'LineWidth',1.5)
            ylim([-2 2]);
            xlabel('Tiempo (s)');
            ylabel('mV');
            legend('Raw','Rectificada y filtrada','Envolvente RMS');
            title(['\fontsize{13}' strrep(char(nombre), '_ ',
'\_')]);

            annotation('textbox',...
                [0.77 0.15 0.12 0.15],...
                'String',{'PARAMETROS RMS', ['Ventana = '
num2str(ventana/Fs*1000) ' mSeg'], ['Overlap = '
num2str(overlap/Fs*1000) ' mSeg']});
            end

        if(graficaralternativas==1)
            figure
            subplot(221)
            plot(t,raw-mean(raw));
            ylim([-2 2]);

```

```

        title('Señal RAW');
        ylabel('Amplitud');

        subplot(222)
        plot(t_rms,RMS);
        ylim([-2 2]);
        title('Señal RMS');
        xlabel('Tiempo (s)');
        ylabel('mV');

        subplot(223)
        plot(t_movinga,emg_movingae);
        ylim([-2 2]);
        title('Señal Moving Average');
        xlabel('Tiempo (s)');
        ylabel('mV');

        subplot(224)
        plot(t,emg_butter);
        ylim([-2 2]);
        title('Señal Butterworth PB 6Hz');
        xlabel('Tiempo (s)');
        ylabel('mV');

        if(graficaralternativasjuntas==1)
            figure
            set(gca, 'ColorOrder', [0.5 0.5 0.5; 1 0 0; 0 0 1; 0
1 0; 0.5 0 0.5], 'NextPlot', 'replacechildren');
            plot
(t,raw,t,emg_rect,t_rms,RMS,t_movinga,emg_movingae,t,emg_butter)
            xlabel('Tiempo (s)');
            ylabel('mV');
            ylim([-2 2]);
            legend('Raw','Rectificada y filtrada','Envolvente
RMS','Envolvente Moving Average','Envolvente Butterworth 6to orden');
            end
        end
    end

    %% Resample para volver a la frecuencia de muestreo

    [P,Q] = rat(delta);

    u = resample(RMS',P,Q);

    tiempo_u = (linspace(0,(1/Fs)*length(u),length(u)))';

end

```

#### mcv\_generator.m

```

%hace RMS a cada uno de los MCV

global musculos voluntarios movimientos

```

```

pedacitos_mcv = who('-regexp', '_MCV(?!$)(?!.*_RMS)'); %Busca
todos los pedacitos de MCV de TODAS las señales
for i=1:length(pedacitos_mcv)
eval([ char(pedacitos_mcv(i)) ' = rms(' char(pedacitos_mcv(i))
');']); %Le hace RMS a cada pedazo
end

for i=1:length(voluntarios)

for j=1:length(musculos)

seniales_a_promediar = who('-
regexp',strcat(char(voluntarios(i)),'.*(?i)',char(musculos(j)),'(?-
i)_MCV(?!$)(?!.*_RMS)'));

if isempty(seniales_a_promediar)==0
nombre_a_promediar=regexprep(char(seniales_a_promediar(1)),'\d$', '');
for k=1:length(seniales_a_promediar)
porcion_mcv(k)=eval(char(seniales_a_promediar(k)));
end

eval([ nombre_a_promediar '_RMS = rms(porcion_mcv);']);
end
end
end
end

```

## normalizacion.m

```

%% CODIGO QUE SE EJECUTA PARA NORMALIZAR LAS SEÑALES DE EMG

global musculos voluntarios movimientos
p=1;
d=1;

for j=1:length(voluntarios) %para cada voluntario...

for i=1:length(musculos)
emgs_a_normalizar = who('-regexp', strcat(
char(voluntarios(j)),'.*(?i)',char(musculos(i)),'(?-
i)(?!.*MCV).*_RMS$')); % (?i) es case insensitive

MCV_RMS = who('-regexp', strcat(
char(voluntarios(j)),'.*(?i)',char(musculos(i)),'(?-i).*_MCV_RMS$'));

if isempty(emgs_a_normalizar)==0 && isempty(MCV_RMS)==0

for k=1:length(emgs_a_normalizar)

if max(eval(char(emgs_a_normalizar(k)))) >
eval(char(MCV_RMS)) %si al final el MCV es mayor que lo maximo

%eval(['( char(emgs_a_normalizar(k))
*0.8/max(eval(char(emgs_a_normalizar(k))))''']); %de
la señal, asumir que esta fue un 80% de su MCV

```

```

        eval([char(emgs_a_normalizar(k)) '_norm(:,1) = '
char(emgs_a_normalizar(k))
'*0.8/max(eval(char(emgs_a_normalizar(k))))];]);

        %mayores (p) = emgs_a_normalizar(k); %AVISAR
CUALES SON LAS QUE NO CUMPLEN
        p=p+1;

        else

                eval([char(emgs_a_normalizar(k)) '_norm(:,1) = '
char(emgs_a_normalizar(k)) '/' char(MCV_RMS) ';']); %normalizacion
                %menores (d) = emgs_a_normalizar(k); %AVISAR
CUALES SON LAS QUE NO CUMPLEN
                d=d+1;
        end
    end
end
end
end
end

```

### modelo\_de\_hill.m

```

%% FUNCION MODELO DE HILL
% Este es el modelo que se propone

function Retorno =
modelo_de_hill(tiempo,u,cin_ORTE,x,optimizar,din_ORTE)

    global voluntarios texto_a_buscar Fs

    RMS = 0;

    %Parametros nominales

    biceps = { 0.14, ...           %lm_onom
               0.2295,...         %lt_snom
               427.335,...        %FM_onom
               0.0873};          %alphanom

    triceps = { 0.0877 ...        %lm_onom
                0.1696, ...       %lt_snom
                839.25,...        %FM_onom
                0.2618};         %alphanom

    braquiorradial = {0.2703, ... %lm_onom
                       0.0604, ... %lt_snom
                       101.58,...  %FM_onom
                       0.1745};   %alphanom

    deltoides = {0.0669, ...      %lm_onom
                  0.0856, ...     %lt_snom
                  1860.52,...     %FM_onom
                  0};            %alphanom

    %
    %           switch texto_a_buscar
    %
    %           case 'FlexoextensionCodo'

```



```

%           musculo = {biceps braquiorradial triceps};
%
%           end

musculo = {biceps braquiorradial triceps};

lm_onom(length(musculo))=[0]; lt_snom(length(musculo))=[0];
FM_onom(length(musculo))=[0]; alphanom(length(musculo))=[0];

for t=1:numel(musculo)
[lm_onom(t), lt_snom(t), FM_onom(t), alphanom(t)] = musculo{:,t}{:};
end

if optimizar == 1

    x = [{x(1:16)} {x(17:32)} {x(33:48)} {x(49:50)}];

end

% if optimizar == 0

%Variables [A lm_o lt_s alpha FM_o beta phim phiv a0 a1 a2 a3 b0 b1
b2 b3 c0 c1]
A = cellfun(@(x) x(1), x(1:3));
lm_o = cellfun(@(x) x(2), x(1:3)).*lm_onom;           %Largo
Muscular Optimo
lt_s = cellfun(@(x) x(3), x(1:3)).*lt_snom;           %Largo Tendón
en Tensión
alpha = cellfun(@(x) x(4), x(1:3)).*alphanom;         %Angulo de
Peneacion
FM_o = cellfun(@(x) x(5), x(1:3)).*FM_onom;           %Fuerza
Muscular Optima
beta = cellfun(@(x) x(6), x(1:3));                     %Porcentaje
de fibras rapidas
phim = cellfun(@(x) x(7), x(1:3));                     %Factor de
forma campana de gauss
phiv = cellfun(@(x) x(8), x(1:3));                     %Factor de
forma campana de gauss
a0 = cellfun(@(x) x(9), x(1:3));                       %Coeficiente
de polinomial Lmt(theta)
a1 = cellfun(@(x) x(10), x(1:3));                      %Coeficiente
de polinomial Lmt(theta)
a2 = cellfun(@(x) x(11), x(1:3));                     %Coeficiente
de polinomial Lmt(theta)
a3 = cellfun(@(x) x(12), x(1:3));                     %Coeficiente
de polinomial Lmt(theta)
b0 = cellfun(@(x) x(13), x(1:3));                     %Coeficiente
de polinomial R(theta)
b1 = cellfun(@(x) x(14), x(1:3));                     %Coeficiente
de polinomial R(theta)
b2 = cellfun(@(x) x(15), x(1:3));                     %Coeficiente
de polinomial R(theta)
b3 = cellfun(@(x) x(16), x(1:3));                     %Coeficiente
de polinomial R(theta)
c0 = cellfun(@(x) x(1), x(4));                       %Coeficiente de
polinomial Ganancia lineal K
c1 = cellfun(@(x) x(2), x(4));                       %Coeficiente de
polinomial Ganancia lineal K
%

```

```

lambda =[0.15 0.15 0.15];
%d_m =[0.1 0.1 0.1];
d_m =[0.1 0.1 0.1];

%Podemos obtener:
% u(t)

emg = [u{1,1}(:,2) u{1,2}(:,2) u{1,3}(:,2)]; % elemento del EMG del
musculo (biceps braquiorradial triceps)

%largo musculo inicial

lm= lm_o;
lm_max = [1.095 1.069 1.109].*(lm_onom+lt_snom);
lm_min = [0.681 0.635 0.789].*(lm_onom+lt_snom);

%Angulo Theta medido por ORTE

theta = deg2rad(cin_ORTE(:,2));
dtheta = deg2rad(cin_ORTE(:,3));

%Longitud y velocidad de contraccion del elemento LCE(theta)

lmt =@(t) a3.*theta(t).^3 + a2.*theta(t).^2 + a1.*theta(t) + a0;
%lmt =@(t) lm_max + a3.*theta(t).^3 + a2.*theta(t).^2 +
a1.*theta(t) + a0;

vmt =@(t) 3.*a3.*theta(t).^2.*dtheta(t) +
2.*a2.*theta(t).*dtheta(t) + a1.*dtheta(t);

%Longitud brazo de palanca R(theta)

R = @(t) b3.*theta(t).^3 + b2.*theta(t).^2 + b1.*theta(t) + b0;

%Nivel de activacion neural

a =@(t) (A.^ emg(t) - 1)./(A - 1);

%Largo optimo en funcion del nivel de activacion a(t)

lo =@(t) lm_o.*(lambda.*(1-a(t))+1); % lo = f(a(t))

% Velocidad del elemento contractil a un nivel de actuacion maximo

vm_max = @(t) 2.*lo(t).*(1+ 4.* beta);

%Velocidad optima en funcion del nivel de activacion a(t)

vm_o =@(t) vm_max(t).*(lambda.*(1-a(t))+1); % lo = f(a(t))

% % Angulo de Peneacion Alpha
%
% alfa =@(t,lm(t)) asin((lo(t) .* sin (alpha_o))./lm(t));

%Longitud musculo

lm = @(t) (sqrt((lo(t).*sin(alpha)).^2 + (lmt(t)-lt_s).^2));

```

```

% %Largo Tendon lt
%     lt=@(t,lm) lmt(t) - lm(t) .* cos(alfa(t,lm(t)));
%
% %Tension del tendon Epsilon
%     eps = @(t,lm) (lt(t,lm) - lt_s)./lt_s;

% %Relacion Fuerza-tension del tendon
%     FT_eps=@(t,lm) ...
%         (eps(t,lm)<=0).*...
%         0 + ...
%         (0<eps(t,lm)<=0.0127).*...
%         1480.3 .* eps(t,lm).^2 + ...
%         (0.0127<eps(t,lm)).* ...
%         37.5.*eps(t,lm)-0.2375;
%
% %Fuerza-tension normalizada
%     FT=@(t,lm) FT_eps(t,lm) .* FM_o;

%Relacion Fuerza Elemento Activo-longitud - (Curva de gauss::
factores de forma: phim, phiv)

    FA_l=@(t) exp(-0.5.*((lm(t)./lo(t) - phim)./phiv).^2);

%Relacion Fuerza Elemento Pasivo-longitud

    %FP_l=@(t) 10.*exp(5.*(lm(t)./lo(t)-1))./exp(5);
    FP_l=@(t) 10.*exp(5.*(lm(t)./lo(t)-1)-5);

%Relacion Fuerza-Velocidad
    F_v=@(t) 0.1433./(0.1074 + exp(-1.3*sinh(2.8.*vmt(t)./ vm_o(t)
+ 1.64)));

%figure
%hold on

%calcular para cada instante t hasta que termine
Tau(length(tiempo),length(musculo))= [0];

for t=1:length(tiempo)

    FA(t,:) = FA_l(t) .* F_v(t) .* a(t) ;

    FP(t,:) = FP_l(t) + d_m .* vmt(t);

    FM = (FA(t,:) + FP(t,:)).* FM_o;

Tau(t,:) = FM.*R(t);

%plot(t, (-Tau(t,1)+Tau(t,2)+Tau(t,3)), 'o')

end

```

```

Tau_mod = Tau(:,1)+Tau(:,2)+Tau(:,3);

TauT = 100.*(c1 .* Tau_mod + c0);
%TauT = Tau_mod;

if optimizar == 1
    RMS = sqrt( sum((TauT-
din_ORTE(1:length(tiempo),2)).^2)./length(tiempo));

end

% figure
% plot(Ri)

if optimizar == 0
    Retorno = TauT;
end

if optimizar == 1
    Retorno = RMS;
end

% figure
% plot(Tau)

End

```

### optimizacion.m

```

%% ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN

% Voluntario INDEX

for k=1:length(voluntarios)

% Definiendo los limites de cromosomas:
%%      [A    lm_o  lt_s alpha FM_o beta phim phiv  a0 a1 a2 a3
b0 b1 b2 b3]
Rmin = [0.05  0.8  0.8  0      0.5  0.25 -0.1  0.07 -3 -3 -3 -3 -
3  3 -3 -3];
Rmax = [0.99  1.2  1.2  0.5    1.5  0.75  0.1  0.8  3  3  3  3
3  3  3  3];
Kmin = [-1 -5];
Kmax = [1 10];

tic
disp(['Tiempo VOLUNTARIO ' int2str(k) ' optimizado de modelo
HILL'])

RminTOT = [Rmin Rmin Rmin Kmin];
RmaxTOT = [Rmax Rmax Rmax Kmax];

```

```

    N = length(RminTOT);    %numero de variables

    % GA:

    options = gaoptimset('PopulationType', 'doubleVector');
    ngen = 500;            %número de generaciones
    PopIni = [x{k}{1,:}];

    % Definiendo los parámetros de generación de GA:
    options = gaoptimset(options, 'InitialPopulation', PopIni);
    %options = gaoptimset(options, 'PopInitRange', [1; 1]*PopIni);
    options = gaoptimset(options, 'PopulationSize', 50);
    options = gaoptimset(options, 'SelectionFcn', @selectionroulette
);
    options = gaoptimset(options, 'EliteCount', 5);
    options = gaoptimset(options, 'CrossoverFraction', 0.8);
    options = gaoptimset(options, 'ParetoFraction', 0.7);
    options = gaoptimset(options, 'CrossoverFcn', @crossoverheuristic
);
    options = gaoptimset(options, 'MutationFcn',
@mutationadaptfeasible);
    options = gaoptimset(options, 'Generations', ngen);
    options = gaoptimset(options, 'StallTimeLimit', inf);
    options = gaoptimset(options, 'StallGenLimit', inf);
    %options = optimoptions('ga', 'UseParallel', true);

    arreglo={u_t{k,1}{1} u_t{k,2}{1} u_t{k,3}{1} };
    [minsize, minidx] = min(cellfun('length', arreglo));

    Fitness = @(x_ga
modelo_de_hill(t_modelo{k}, {[u_t{k,1}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,1}{:,2}(1:minsize)] [u_t{k,2}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,2}{:,2}(1:minsize)] [u_t{k,3}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,3}{:,2}(1:minsize)]},
[cinematicaORTE{k,:}], x_ga, 1, [dinamicaORTE{k,:}]);

    [x_ga, fval, exitflag, output, final_pop] = ga(Fitness, N, [],
[], [], [], RminTOT, RmaxTOT, [], options);

    x_optimizado(k,:) = x_ga;
    toc

end

    save('coeficientes_ga.mat', 'x_optimizado')           %% GUARDADO DE
COEFICIENTES // load('coeficientes_ga.mat')

    for k=1:length(voluntarios)
        x_opt{k} = [{x_optimizado(k,1:16)} {x_optimizado(k,17:32)}
{x_optimizado(k,33:48)} {x_optimizado(k,49:50)}];
        arreglo={u_t{k,1}{1} u_t{k,2}{1} u_t{k,3}{1} };
        [minsize, minidx] = min(cellfun('length', arreglo));

```

```

    Tau_opt{k} = modelo_de_hill(t_modelo{k}, {[u_t{k,1}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,1}{:,2}(1:minsize)] [u_t{k,2}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,2}{:,2}(1:minsize)] [u_t{k,3}{:,1}(1:minsize)
u_t{k,3}{:,2}(1:minsize)]}, [cinematicaORTE{k,:}], x_opt{k}, 0, 0);

    figure1 = figure;
    axes1 = axes('Parent', figure1);
    hold(axes1, 'on');

    plot(dinamicaORTE{k,1}, dinamicaORTE{k,2}, 'DisplayName', 'Momento
referencia DINAMICA ORTE', 'LineWidth', 1.7);
    % Create multiple lines using matrix input to plot
    plot1 = plot(t_modelo{k}, [Tau_ini{k} Tau_opt{k}]);
    set(plot1(1), 'DisplayName', 'Momento calculado sin
optimizar', 'LineWidth', 1, ...
        'LineStyle', '--');
    set(plot1(2), 'DisplayName', 'Momento calculado
optimizado', 'LineWidth', 1.7);

    % Create xlabel
    xlabel('Tiempo [Seg]');
    ylabel('Momento [Nm]');

    legend1 = legend(axes1, 'show');
    set(legend1, ...
        'Position', [0.705430792446534 0.81228035152898 0.188140551874613
0.0877483420024644]);

    End

```

### lagran.m

```

%% FUNCION QUE REALIZA LA INTERPOLACION POLINOMICA DE LAGRANGE

function [C]=lagran(x,y)
n1=length(x);
n=n1-1;
L=zeros(n1,n1);
for k=1:n+1
    V=1;
    for j=1:n+1
        if k~=j
            V=conv(V,poly(x(j)))/(x(k)-x(j));
        end
    end
    L(k,:)=V;
end
C=y*L;
end

```

### resultados.m

```

%% CODIGO QUE OBTIENE LOS PARAMETROS ESTADISTICOS UTILIZADOS

pico{1}=[111 290 290 481 481 644 644 829];

```

```

pico{2}=[56    421    421    841    841    1160    1160    1435    1435    1705
        1705    1945    1945    2239];
pico{3}=[244    478    478    745    745    990    990    1250];
pico{4}=[1     240    240    377    377    514    514    650    650    795];
pico{5}=[1     220    220    390    390    505    505    680    680    935
        935    1140    1140    1360];
pico{6}=[110    330    330    560    560    780    780    970    970
        1200];
pico{7}=[110    370    370    590    590    810    810    1035    1035    1230
        1230    1385];
pico{8}=[75     240    240    380    380    525    525    690];
pico{9}=[25     425    425    860    860    1245    1245    1980];
pico{10}=[30    645    645    1220    1220    1715];
pico{11}=[1     280    280    790    790    1210    1210    1610    1610    1900
        1900    2040    2040    2260    2260    2400    2400    2615    2615    2780    2780
        2950    2950    3090];
pico{12}=[60    610    610    1070    1070    1490    1490    1950];
pico{13}=[50    350    350    630    630    940    940    1320];

%% Coeficiente de correlacion de Pearson
coef_cor{13}=[];
eta_10(2,13)=0;
eta_5(2,13)=0;
eta_1(2,13)=0;
for k=1:13

    pares_picos = [(1:2:length(pico{k}))' (2:2:length(pico{k}))'];

    coef_cor{k}(2,length(pares_picos(:,1)))=0;
    for i=1:length(pares_picos(:,1))
        cov_OI =
cov(dinamicaORTE{k,2}(pico{k}(pares_picos(i,1)):pico{k}(pares_picos(i,2))),Tau_ini{k}(pico{k}((pares_picos(i,1)):pico{k}(pares_picos(i,2))),1);
        coef_cor{k}(1,i) =
round(cov_OI(1,2)/(std(dinamicaORTE{k,2}(pico{k}(pares_picos(i,1)):pico{k}(pares_picos(i,2))),1)*std(Tau_ini{k}(pico{k}((pares_picos(i,1)):pico{k}(pares_picos(i,2))),1)),2);
        cov_OO =
cov(dinamicaORTE{k,2}(pico{k}(pares_picos(i,1)):pico{k}(pares_picos(i,2))),Tau_opt{k}(pico{k}((pares_picos(i,1)):pico{k}(pares_picos(i,2))),1);
        coef_cor{k}(2,i) =
round(cov_OO(1,2)/(std(dinamicaORTE{k,2}(pico{k}(pares_picos(i,1)):pico{k}(pares_picos(i,2))),1)*std(Tau_opt{k}(pico{k}((pares_picos(i,1)):pico{k}(pares_picos(i,2))),1)),2);

    end

    eta_1(1,k)=sum(abs(abs(Tau_ini{k}(1:length(t_modelo{k}))) -
abs(dinamicaORTE{k,2}(1:length(t_modelo{k}))))<1)/length(t_modelo{k});
    eta_1(2,k)=sum(abs(abs(Tau_opt{k}(1:length(t_modelo{k}))) -
abs(dinamicaORTE{k,2}(1:length(t_modelo{k}))))<1)/length(t_modelo{k});

    eta_5(1,k)=sum(abs(abs(Tau_ini{k}(1:length(t_modelo{k}))) -
abs(dinamicaORTE{k,2}(1:length(t_modelo{k}))))<5)/length(t_modelo{k});
    eta_5(2,k)=sum(abs(abs(Tau_opt{k}(1:length(t_modelo{k}))) -
abs(dinamicaORTE{k,2}(1:length(t_modelo{k}))))<5)/length(t_modelo{k});

```

```

    eta_10(1,k)=sum(abs(abs(Tau_ini{k}(1:length(t_modelo{k}))-
abs(dinamicaORTE{k,2}(1:length(t_modelo{k}))))<10)/length(t_modelo{k})
;
    eta_10(2,k)=sum(abs(abs(Tau_opt{k}(1:length(t_modelo{k}))-
abs(dinamicaORTE{k,2}(1:length(t_modelo{k}))))<10)/length(t_modelo{k})
;

end

eta1_todos(1,:) = [mean(eta_1(1,:)) std(eta_1(1,:))];
eta1_todos(2,:) = [mean(eta_1(2,:)) std(eta_1(2,:))];
eta5_todos(1,:) = [mean(eta_5(1,:)) std(eta_5(1,:))];
eta5_todos(2,:) = [mean(eta_5(2,:)) std(eta_5(2,:))];
eta10_todos(1,:) = [mean(eta_10(1,:)) std(eta_10(1,:))];
eta10_todos(2,:) = [mean(eta_10(2,:)) std(eta_10(2,:))];

%% SIN VOLUNTARIO 11

eta1_sin11(1,:) = [mean(eta_1(1,[1:10 12:13])) std(eta_1(1,[1:10
12:13]))];
eta1_sin11(2,:) = [mean(eta_1(2,[1:10 12:13])) std(eta_1(2,[1:10
12:13]))];
eta5_sin11(1,:) = [mean(eta_5(1,[1:10 12:13])) std(eta_5(1,[1:10
12:13]))];
eta5_sin11(2,:) = [mean(eta_5(2,[1:10 12:13])) std(eta_5(2,[1:10
12:13]))];
eta10_sin11(1,:) = [mean(eta_10(1,[1:10 12:13])) std(eta_10(1,[1:10
12:13]))];
eta10_sin11(2,:) = [mean(eta_10(2,[1:10 12:13])) std(eta_10(2,[1:10
12:13]))];

%% promedio Pearson SIN VOLUNTARIO 11

pearson(1,1)=mean(cell2mat(cellfun( @(a) a(1,:), coef_cor([1:10
12:13]), 'UniformOutput', false)));
pearson(1,2)=std(cell2mat(cellfun( @(a) a(1,:), coef_cor([1:10
12:13]), 'UniformOutput', false)));
pearson(2,1)=mean(cell2mat(cellfun( @(a) a(2,:), coef_cor([1:10
12:13]), 'UniformOutput', false)));
pearson(2,2)=std(cell2mat(cellfun( @(a) a(2,:), coef_cor([1:10
12:13]), 'UniformOutput', false)));

R_2(1,:) = [(pearson(1,1)).*2 (pearson(1,2)).*2]
R_2(2,:) = [(pearson(2,1)).*2 (pearson(2,2)).*2]

%% RMS
for k=1:13
arreglo={u_t{k,1}{1} u_t{k,2}{1} u_t{k,3}{1} };
[minsize, minidx] = min(cellfun('length', arreglo));
coef_rms(1,k)=modelo_de_hill(t_modelo{k},{[u_t{k,1}{: ,1}(1:minsize)
u_t{k,1}{: ,2}(1:minsize)] [u_t{k,2}{: ,1}(1:minsize)
u_t{k,2}{: ,2}(1:minsize)] [u_t{k,3}{: ,1}(1:minsize)
u_t{k,3}{: ,2}(1:minsize)]},
[cinematicaORTE{k, :}],x{k},1,[dinamicaORTE{k, :}]);
coef_rms(2,k)=modelo_de_hill(t_modelo{k},{[u_t{k,1}{: ,1}(1:minsize)
u_t{k,1}{: ,2}(1:minsize)] [u_t{k,2}{: ,1}(1:minsize)
u_t{k,2}{: ,2}(1:minsize)] [u_t{k,3}{: ,1}(1:minsize)
u_t{k,3}{: ,2}(1:minsize)]},
[cinematicaORTE{k, :}],x_opt{k},1,[dinamicaORTE{k, :}]);

```



```
end

% Promedio sin VOLUNTARIO 11
coef_rms_sin11(1,:) = [mean(coef_rms(1,[1:10 12:13]))
std(coef_rms(1,[1:10 12:13]))];
coef_rms_sin11(2,:) = [mean(coef_rms(2,[1:10 12:13]))
std(coef_rms(2,[1:10 12:13]))];

% Variacion de valores nominales

lm_variaz = x_optimizado(:,[2 16+2 2*16+2]);
lm_mean=mean(lm_variaz*100).*lm_onom;
std_vector=std(lm_variaz*100).*lm_onom;
figure
errorbar(lm_mean,std_vector, 'bp')
```