

**EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE FUERZA EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS  
MÚSCULOS PRIMARIOS DEL DISPARO, EN DEPORTISTAS DE SELECCIÓN COLOMBIA  
DE ARCO RECURVO.**

**ANDRÉS FELIPE MARÍN VILLADA**

**Director de la Tesis: PHD. JOSÉ ARMANDO VIDARTE CLAROS**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MANIZALES  
FACULTAD DE SALUD  
MAESTRÍA EN INTERVENCIÓN INTEGRAL EN EL DEPORTISTA III COHORTE  
Manizales, Mayo de 2012**

**COMPORTAMIENTO DE LA ACTIVIDAD EN LOS MÚSCULOS PRIMARIOS DEL DISPARO,  
EN DEPORTISTAS DE SELECCIÓN COLOMBIA DE ARCO RECURVO**

**ANDRÉS FELIPE MARÍN VILLADA**

**Proyecto de investigación para optar al título de Magister**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MANIZALES  
FACULTAD DE SALUD  
MAESTRÍA EN INTERVENCIÓN INTEGRAL EN EL DEPORTISTA III COHORTE  
Manizales, Mayo de 2012**

## Tabla de Contenido

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>4</b>
<b>INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO</b> .....	<b>5</b>
<b>1. RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2 PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA O PROBLEMA DE INVESTIGACION Y SU JUSTIFICACION EN TERMINOS DE NECESIDAD Y PERTINENCIA</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACION</b> .....	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3. REFERENTE TEORICO</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1 LA FUERZA:</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2 ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA:</b> .....	<b>14</b>
<b>3.3 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA FUERZA:</b> .....	<b>14</b>
<b>4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES</b> .....	<b>19</b>
<b>5. METODOLOGIA PROPUESTA</b> .....	<b>20</b>
<b>5.1 TIPO DE ESTUDIO:</b> .....	<b>20</b>
<b>5.2 POBLACION</b> .....	<b>20</b>
<b>5.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.</b> .....	<b>21</b>
<b>5.4 PROCEDIMIENTO</b> .....	<b>21</b>
<b>5.5 DISPOSICIONES VIGENTES (CONSIDERACIONES ÉTICAS)</b> .....	<b>22</b>
<b>6. RESULTADOS</b> .....	<b>24</b>
<b>6.1 DEPORTISTA 1.</b> .....	<b>24</b>
<b>6.2 DEPORTISTA 2.</b> .....	<b>32</b>
<b>6.3 DEPORTISTA 3</b> .....	<b>39</b>
<b>7. DISCUSIÓN</b> .....	<b>45</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>48</b>
<b>9. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>49</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>50</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>53</b>
<b>ANEXO 1. FORMATO CONSENTIMIENTO INFORMADO.</b> .....	<b>53</b>
<b>ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.</b> .....	<b>55</b>
<b>ANEXO 4. LECTURA DE ELECTROMIOGRAFIAS POR MEDIO DEL PROGRAMA MAT-LAP.</b> .....	<b>69</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen general de la investigación.....	pág. 07
Tabla 2. Variables antropométricas.....	pág. 23
Tabla 3. Variables de estudio.....	pág. 23
Tabla 4. Comportamiento muscular del deportista 1.....	pág. 29
Tabla 5. Comportamiento muscular del deportista 2.....	pág. 37
Tabla 6. Comportamiento muscular del deportista 3.....	pág. 43

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ecografía miembro superior (pre-post test) deportista 1.....	pág. 30
Figura 2. Electromiografía. Comportamiento de la Frecuencia media a través del tiempo, deportista 1.....	pág. 31
Figura 3. Electromiografía. IEMG. pre-post test. Fuerza de contracción, deportista 1.....	pág. 32
Figura 4. PreTest. Deltoides derecho. Deportista 1. Sept. 12, 2010 .....	pág. 33
Figura 5. Post-test. Deltoides derecho. Deportista 1. Noviembre 25, 2010.....	pág. 34
Figura 6. Potencial de unidad motora, medida en mili voltios.seg. ( $\mu$ v.seg), deportista 1.....	pág. 35
Figura 7. Ecografía pre-post test en milímetros, deportista 2.....	pág. 37
Figura 8. Electromiografía. MDF Pre-post test. Deportista 2.....	pág. 38
Figura 9. Electromiografía. IEMG Pre-post test. Deportista 2.....	pág. 39
Figura 10. Pre test septiembre 12- 2010, deltoides izquierdo, deportista 2 .....	pág. 39
Figura 11. Post test noviembre 25- 2010, deltoides izquierdo, deportista 2.....	pág. 40
Figura 12. Pretest noviembre 25- 2010, deltoides derecho, deportista 2.....	pág. 40
Figura 13. Post - test noviembre 25- 2010, deltoides derecho, deportista 2.....	pág. 41
Figura 14. Potencial Unidad Motora. Deportista 2.....	pág. 42
Figura 15. Ecografía. Miembro superior. En milímetros. Pre-post test.....	pág. 44
Figura 16. Electromiografía. MDF. Pre-post test. Deportista 3.....	pág. 44
Figura 17. Electromiografía. IEMG. Pre-post test. Deportista 3.....	pág. 45
Figura 18. Pre test septiembre 12- 2010, trapecio izquierdo, deportista 3.....	pág. 46
Figura 19. Post-test test noviembre 25- 2010, trapecio izquierdo, deportista 3.....	pág. 46
Figura 20. Potencial Unidad Motora. Deportista 3.....	pág. 47



## **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto investigativo “*Comportamiento De La Actividad En Los Músculos Primarios Del Disparo, En Deportistas De La Selección Colombia De Arco Recurvo*” está contemplado como una investigación dentro del deporte aficionado (1). Es una propuesta investigativa que tiene como propósito aportar el conocimiento extraído de los test hechos a los deportistas de selección Colombia, de la modalidad arco recurvo masculino, sobre la influencia de un programa específico de desarrollo de la fuerza sobre la actividad muscular de los músculos que intervienen en el tiro con arco, en el momento crítico de anclaje.

El proyecto se desarrolló con tres deportistas de alto rendimiento de la Selección Colombia. Para ello, se utilizaron los equipos del laboratorio de Neuroaprendizaje de la Universidad Autónoma de Manizales, la clínica Risaralda y el laboratorio de Movimiento Humano de la Universidad Tecnológica de Pereira. Se proyectó determinar el comportamiento muscular de los deportistas en la ejecución del disparo. Igualmente, se estableció un protocolo de intervención de la fuerza y se realizaron las valoraciones respectivas, que permitieron conocer la actividad muscular. Los resultados del estudio fueron los siguientes: Se evidenciaron cambios morfológicos de los deportistas, en relación con los objetivos biológicos y pedagógicos inherentes a la planificación. La fuerza juega un papel decisivo en la ejecución técnica. En muchos casos (no en todos), el fallo técnico no se produce por falta de coordinación o habilidad, sino por la deficiencia de fuerza en los grupos musculares que intervienen en una fase concreta del movimiento.

## **1.2 PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA O PROBLEMA DE INVESTIGACION Y SU JUSTIFICACION EN TERMINOS DE NECESIDAD Y PERTINENCIA**

El tiro con arco es un deporte de precisión, clasificado como deporte aficionado en Colombia (1). Está constituido por dos modalidades esenciales, en razón de la implementación utilizada: el arco compuesto y el arco recurvo, de las cuales, la última, por estar mayormente relacionadas con las cualidades físicas, fisiológicas y mentales del atleta, es clasificada como deporte del ciclo olímpico.

Debido a que el tiro con arco se fundamenta en la óptima ejecución de la técnica, las pocas investigaciones y publicaciones encontradas estudian y analizan su desarrollo óptimo (8, 9, 11), pero no mucho más que eso. Se reconoce la influencia de las capacidades físicas condicionales, coordinativas y mentales, a saber: fuerza, la resistencia, la coordinación óculo-manual y temporo-espacial y en las mentales se destacan la concentración y competitividad, son factores que condicionan el rendimiento deportivo en el tiro con arco (2), por lo tanto, no se pueden omitir del proceso de formación de los arqueros. Al igual que en otros deportes (individuales o colectivos), el tiro con arco requiere el desarrollo de la técnica deportiva y el desarrollo y fortalecimiento de las capacidades físicas, entre ellas, de la fuerza general y especial en los miembros superiores, razón de la presente investigación.

Es necesario que el entrenamiento de la fuerza se haga por medio de un programa sistemático, que permita medir el comportamiento de los grupos musculares involucrados en el gesto técnico. Hasta ahora, los procesos implementados en este sentido, han sido desarrollados sin un completo sustento científico. Este tipo de entrenamiento favorece el rendimiento físico-deportivo, consolida capacidades psicológicas, mejora la postura corporal, aumenta la funcionalidad de los sistemas neuromuscular, respiratorio, cardiovascular, metabólico y óseo, afectando positivamente la salud.

La fuerza puede ser estimulada a través del entrenamiento por diferentes métodos, que conducirán a la adaptación biológica del sistema músculo esquelético. Asimismo, la medición de la fuerza aplicada es uno de los criterios de mayor validez a la hora de hacer una valoración de la técnica deportiva. La fuerza aplicada se mide por medio de los cambios de aceleración de las resistencias externas y por la deformación que se produce en los dinamómetros, tanto por efecto de la tensión, como de la compresión que se ejerce sobre ellos. Si no se dispone de instrumentos de medida, se estima la fuerza aplicada tomando como referencia el peso que se puede levantar o lanzar en unas condiciones determinadas o la distancia que se puede desplazar el centro de gravedad del propio cuerpo (3).

La mayoría de estudios desarrollados sobre la capacidad de la fuerza se han establecido sobre deportes como judo, tenis de campo y lucha (4,6). En tiro, se ha realizado un trabajo que da cuenta del manejo del protocolo de contraste pre-isométrico como método para el incremento de la fuerza específica en atletas de tiro con arco (7). En el cual se encontraron mejoras de la fuerza general en un 23%, entendiéndose con ello, que el trabajo de fuerza es un factor fundamental para el desarrollo eficiente del gesto técnico y el incremento de las puntuaciones del arquero.

Colombia participó en los juegos olímpicos de Beijing, China, en el año 2008; con el equipo de arco recurvo femenino. Este hecho permitió que la federación Colombiana de tiro con arco apoyara la conformación del equipo masculino con la intención de participar en el ciclo olímpico. Actualmente, el equipo masculino se encuentra conformado por tres deportistas con poca experiencia internacional y muchas oportunidades de crecimiento y desarrollo, gracias a su juventud. Un proceso metódico, elaborado a través de los programas de entrenamiento deportivo, permitiría optimizar las capacidades condicionales de la modalidad, creando bases sólidas para la planificación específica del deporte (preparación física específica), es decir, entrenamientos direccionados a las necesidades físicas funcionales del deportista. Lo que significa una mayor capacidad de trabajo y ejecución técnica más fina y el acondicionamiento a la alta competencia (3,5, 8,10).

Realizar el proceso investigativo sobre el comportamiento muscular en los deportistas de selección Colombia de tiro con arco, permitió conocer los cambios que suceden después del desarrollo de un protocolo de fuerza. Se consiguió mejorar la calidad de las actividades físicas específicas que fundamentan esta modalidad. El óptimo desarrollo del atleta proporcionó, desde el punto de vista científico, las bases teóricas y prácticas para el manejo de protocolos adecuados y acordes a las necesidades del deportista y del contexto deportivo. Durante el proceso, se buscó perfeccionar el gesto deportivo en función de la intensidad del entrenamiento y la capacitación corporal, consiguiéndose ejecutar las cargas con mayor coordinación y eficacia en el movimiento sugerido.

Este estudio fue el primero desarrollado a nivel local, regional y nacional. Y como pionero, permitió fortalecer el área de conocimiento de la Maestría en Intervención Integral en el deportista, línea de investigación de Actividad física y deporte del grupo de investigación “Cuerpo Movimiento”. El programa aplicado, podrá ser ejecutado en los periodos de ciclo olímpico establecidos por la federación colombiana. Los instrumentos en él contemplados podrán implementarse en las instituciones deportivas, y ser el punto de partida para la estructuración de programas de desarrollo y la generación de nuevos procesos deportivos e investigativos, conducentes a mejorar los parámetros que lo conforman.

El proyecto fue viable y factible porque contó con los recursos éticos, financieros, metodológicos, sociales y académicos necesarios para su ejecución. En el transcurso de la investigación, no se encontraron elementos definitivos que obstaculizaran su normalidad.

Según las disposiciones vigentes y basados en la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud sobre normas científicas técnicas y administrativas para la investigación en salud, artículo 11, y teniendo en cuenta la declaración de Helsinki del año 2000, el presente estudio se inscribió dentro de las investigaciones con riesgo mínimo, como estudio de casos que emplea el

registro de datos a través de procedimientos comunes consistentes en: exámenes físicos o psicológicos de diagnóstico o tratamientos rutinarios, entre los que se consideran, entre otros, ejercicio moderado en voluntarios sanos. Se obtuvo la participación de los deportistas seleccionados.

A partir de lo planteado, se propone al lector la siguiente pregunta de investigación, para que sea utilizada como punto de partida.

### **1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACION**

¿Cuáles son los efectos de un programa de entrenamiento de la fuerza en el comportamiento muscular, de los músculos primarios del disparo, en los deportistas de selección Colombia de arco recurvo durante la fase de tiro?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el comportamiento de la actividad muscular en los músculos primarios del disparo, en deportistas de selección Colombia de arco recurvo, después de la aplicación de un programa específico de entrenamiento de la fuerza.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer los niveles de rendimiento de la fuerza de miembros superiores de los deportistas de la selección Colombia de tiro con arco recurvo, en la fase de disparo, antes y después de un programa de desarrollo de la fuerza.
- Determinar el comportamiento antropométrico de los deportistas de la selección Colombia de arco recurvo.
- Determinar el comportamiento de la fuerza después del programa de entrenamiento.

### **3. REFERENTE TEORICO**

En el desarrollo del presente marco serán abordados temas específicos, relacionados con la capacidad física de la fuerza, variable dependiente del estudio que nos compete, y posteriormente, de las diferentes formas de evaluación de esa capacidad.

La fuerza es una capacidad motriz relevante para el alto rendimiento y en el tiro con arco, no es la excepción. Aunque esta modalidad deportiva refiere el entrenamiento de la fuerza de resistencia (2,11), las características biomecánicas y metabólicas que determinan la modalidad, hacen que algunas manifestaciones de la fuerza diferentes, mejoren el rendimiento del arquero (12). Al ser entrenadas, estas manifestaciones presentan un efecto (en el sistema muscular) que debe ser considerado.

#### **3.1 LA FUERZA:**

Desde el punto de vista de la mecánica, la fuerza es la capacidad de modificar el estado de reposo de un cuerpo. Fuerza es igual a masa por aceleración  $F = M \times A$  (12). Según la fisiología, se trata del músculo esquelético diseñado para producir fuerza, para acelerar una masa o deformarla. La masa es siempre un segmento corporal que se puede desplazar de forma libre e independiente a la que le sigue o articula. Por lo tanto, la fuerza muscular está desarrollada en forma estructural por el número de puentes de actina y miosina. Los aspectos básicos para su generación son: el número de sarcomeros paralelo a la tensión específica que una fibra puede ejercer, la longitud de la fibra o tipo de la misma, el número y aumento de la estimulación de las motoneuronas que gobiernan las fibras musculares, el número de sarcomeras que se activen, los factores facilitadores o inhibidores de la actividad neuromuscular y el manejo del calcio iónico en el interior de la fibra (13,22,25). Dependiendo de la forma de diferenciación de la fuerza y la división para los objetivos del desarrollo del entrenamiento, se divide en general o específica (14,15). Asimismo, la fuerza general es definida como el máximo nivel alcanzado por un individuo en todos los estadios de su fuerza: fuerza máxima, fuerza explosiva y fuerza de resistencia (12).

El desarrollo general de la fuerza es realizado de forma común por las personas que requieren un mantenimiento de su forma física, con objetivos de mejorar su salud, mientras que el desarrollo de la fuerza específica, es determinado y estructurado con miras a los logros deportivos, buscando un mejor rendimiento de los sistemas corporales. Su planificación y estructuración es concretada en función de las características de la modalidad deportiva y define el nivel de la forma deportiva (13).

La fuerza general en el entrenamiento de alto rendimiento es la base del desarrollo físico y psíquico primario. Para su desarrollo específico, depende de la modalidad deportiva y sus necesidades. El deportista debe estar en condiciones de realizar una serie de cambios en la forma del entrenamiento y de desarrollo metodológico de la fuerza. Esto conlleva a un aumento de las capacidades y evita una disminución del sistema neuromuscular en la ejecución de cargas, mediante la aplicación de métodos, formas y cargas constantes -a lo largo de macrociclos- que incluyan variaciones para su óptima asimilación (13).

El desarrollo de la fuerza específica se basa en el entrenamiento de los músculos que actúan directamente sobre el movimiento realizado por el atleta en competición, por lo tanto, las cargas se imponen en forma de tensión neuromuscular para el desarrollo típico de cada deporte, ligado al desarrollo de la ejecución técnica de la modalidad (12).

Lo anterior, ha permitido concluir que el entrenamiento de fuerza general y fuerza especial debe ser complementado y orientado al desarrollo de objetivos múltiples, considerando los músculos principales y el carácter de las exigencias neuromusculares de las disciplinas especiales. En el desarrollo de la fuerza especial, es necesario el trabajo específico (neuromuscular); es importante tener en cuenta el trabajo de la coordinación, que se consigue a través del desarrollo intermuscular e intramuscular. La coordinación define el tipo de desarrollo de las tensiones o acciones de trabajo en la técnica del deporte (5, 12).

El desarrollo óptimo de la coordinación muscular establece los parámetros mecánicos que definen los movimientos por medio del control motor, según el tipo de tarea a realizar, así: en algunas acciones, la fuerza es la principal variable de control, mientras que en otras, es la posición, la velocidad, la aceleración o la concentración. Para esto, se emplea el *Control Por Retro Alimentación*, que se desarrolla cuando el sistema nervioso central utiliza las diferentes informaciones aferentes sensoriales para corregir las señales de salida aferentes motoras. Este tipo de control es muy importante para actividades motoras como el mantenimiento de una posición determinada o la aplicación de una fuerza para sujetar un objeto, y en general, para toda clase de movimientos en los que la precisión prima sobre la velocidad (11,14).

En el entrenamiento específico de la fuerza, las adaptaciones primarias surgen a nivel del sistema nervioso y en pequeñas modificaciones, a nivel funcional y estructural, durante la tensión específica del gesto deportivo, cambiando las propiedades contráctiles del músculo en el entrenamiento (29). Estos cambios son evidentes a nivel del sistema nervioso central, como en las respuestas de tipo reflejo a nivel de medula espinal. En los receptores sensoriales periféricos, estas adaptaciones se evidencian en trabajos de fuerza con cargas mayores al 75%, revelando adaptaciones significativas tanto en el músculo estriado, como en el sistema nervioso (13,14).

Algunos estudios han demostrado que la realización de un programa sistemático de fuerza para el desarrollo de la coordinación intramuscular es acompañada por un incremento significativo en la producción de la fuerza, siempre y cuando, la intensidad y la duración del periodo de entrenamiento sean suficientes. Cualquier tipo de entrenamiento tendrá la capacidad de mejorar cualquiera de las variables de la fuerza. En razón de la fuerza específica que se quiere desarrollar, deberá ser definida la intensidad, el volumen y la cadencia del entrenamiento (10). La velocidad de la ejecución tiene una gran influencia sobre el reclutamiento de unidades motoras, aspecto que define igualmente a la resistencia o la coordinación. Por eso no solo es viable controlar la velocidad de la ejecución del movimiento, sino también la

forma de ejecución o técnica, que es determinada por el movimiento único de la modalidad deportiva.

### **3.2 ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA:**

El entrenamiento es un proceso metodológico básico con aspectos pedagógicos y biológicos, direccionados a la búsqueda de objetivos específicos, con principios básicos como la progresión, individualización y control de las cargas (3), que utiliza diferentes métodos que posibilitan la aplicación de los estímulos a nivel neurológico y muscular, cuyos objetivos propenden por el alto rendimiento de los deportistas (23,24,26).

### **3.3 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA FUERZA:**

Electromiografía: se utiliza para conocer la actividad eléctrica de los músculos. La contracción de un músculo se debe a la descarga eléctrica del nervio que lo controla. Si el nervio está afectado, su funcionamiento se resiente y varían las características de los impulsos eléctricos que transmite. Además, las variaciones en esos impulsos son distintas en función del estado del nervio (nervio enfermo o comprimido), y también son diferentes según el grado de compresión o debilidad muscular. Si el músculo es débil, el nervio tendrá que aumentar su función para la realización de una tarea (33,34).

Una electromiografía se realiza con mayor frecuencia cuando las personas tienen síntomas de debilidad y la evaluación muestra deterioro de la fuerza muscular. Este examen puede ayudar a diferenciar afecciones musculares primarias de una debilidad muscular causada por trastornos neurológicos o fisiológicos (14,15).

En el deporte, la electromiografía como técnica diagnóstico es reproducible, sensible y específica, y ha permitido grandes avances en el estudio de la fisiología muscular (33). La electromiografía de aguja permite el registro directo y preciso de la actividad eléctrica del músculo estudiado, tanto en reposo como en contracciones isométricas del músculo (34). Es una técnica que registra el

potencial eléctrico generado por la despolarización de la membrana externa de la fibra muscular.

La electromiografía de aguja se usa con el fin de estudiar la fisiología y patología de las unidades motrices, como la denervación, la re inervación y las miopatías. Busca analizar la actividad temporal y la fatiga de un músculo o de un grupo muscular (32). La señal de EMG se representa por la suma de los potenciales de acción de unidades motoras (PUM) individuales, que se generan por las descargas continuas e irregulares de las unidades motoras activas en el músculo.

### **Actividad eléctrica durante la contracción voluntaria.**

Cuando se produce la contracción muscular, la aguja de electromiografía registra un potencial resultante de la suma temporal y espacial de la actividad de las fibras musculares de la unidad motora, llamado (PUM) potencial de unidad motora.

La unidad motora (UM) se define como el conjunto formado por una moto neurona alfa del asta anterior de la médula (o del tronco encéfalo), su axón y las fibras musculares por él inervadas (10,11). Teniendo presente que el patrón máximo de esfuerzo depende de forma directa del número de unidades motoras que se recluten, es el potencial de acción de la unidad motora (PUM) resultado de la sumatoria en tiempo y espacio de los potenciales de inervación de las fibras musculares pertenecientes a una unidad motora. El análisis que describe las características del reclutamiento de unidades motoras para el esfuerzo, toma la amplitud de una unidad motora para describir la fuerza de respuesta al estímulo en milivoltios por segundo ( $\mu\text{v}.\text{seg}$ ).

Las características del potencial de unidad motora, dependen de la posición del electrodo dentro del músculo, del número, del tamaño e inervación de las fibras musculares componentes, del diámetro del axón motor que las inerva, grosor de su capa mielínica, velocidad de conducción y su umbral de despolarización (32).

El potencial de unidad motora (PUM) se caracteriza por la duración del potencial de unidad motora, que refleja el número de fibras musculares de la unidad motora, aunque no en su totalidad. Sus parámetros no varían mucho con la distancia del electrodo a las fibras musculares; estos se forma por el aporte de las fibras musculares que se encuentran a 2,5 mm del electrodo de registro. La amplitud del potencial de unidad motora está determinada por las fibras musculares que se encuentran a 0,5 mm de la aguja (31). El área del potencial de unidad motora se forma por el aporte de las fibras musculares que se encuentran a 2 mm del electrodo (31).

El reclutamiento secuencial de unidad motora se produce por el principio del tamaño (31). Primero se contraen las unidades motoras pequeñas asociadas principalmente con fibras musculares de tipo I (de contracción lenta, metabolismo oxidativo, resistentes a la fatiga). En el proceso gradual de reclutamiento de nuevas unidades, se van involucrando unidades motoras mayores con fibras musculares tipo IIa (de contracción rápida, resistentes a la fatiga con enzimas oxidativas y glicolíticas) y IIb (contracción rápida, metabolismo glicolítico, fácilmente fatigables) (31,34).

### **Análisis por descomposición de la señal.**

Otros métodos de análisis de potenciales de unidad motora, mucho más desarrollados, han surgido en los últimos años. Los llamados métodos de descomposición, procesan las señales electromiográficas con algoritmos matemáticos para identificar, clasificar y editar los potenciales de unidad motora de manera automatizada. La descomposición de los registros se realiza de forma total o parcial (34).

Desde 1984, se ha llevado a cabo en Corea investigaciones exhaustivas para obtener una apreciación completa y un mejor entendimiento de los principios biomecánicos relacionados con la arquería. Estas investigaciones han derivado en el desarrollo de técnicas que facilitan un mejor sondeo biomecánico, haciendo que este país se convierta en potencia deportiva de la modalidad (16). El éxito de esta técnica se hizo evidente en el campeonato mundial juvenil

del año 2004, gracias a los logros alcanzados por los diferentes atletas vinculados a su proceso de desarrollo. A partir de estos logros, y con el objetivo de mostrar las diferencias entre las técnicas comunes y la técnica recomendada, se realizó en Australia una prueba comparativa piloto de EMGM (Electromiografía), en la que se revisaron los diagramas y comparaciones de amplitudes de EMGM de varios músculos, saliendo a la luz diferencias significativas, entre ellas, la participación del músculo trapecio y de los flexores de la escapula. El uso más eficaz de los músculos estudiados, pudo atribuirse a una postura biomecánica más eficaz (7,16).

Otras investigaciones sobre fatiga muscular en la fase de disparo, aplicada en dos deportistas olímpicos de Estados Unidos, refieren una disminución de la actividad neuromuscular, que sucede después de una sesión de entrenamiento disparando tres horas de forma continua. Los deportistas, además de presentar fatiga muscular, no presentaban la misma continuidad; la eficacia tendía a disminuir. Los resultados de la EMGM, demuestran que la coordinación neural al final de la jornada estaba afectada por el agotamiento físico (17).

En el tiro con arco, la EMGM se convierte en uno de los mecanismos de evaluación más objetivo (5), debido al alto grado de precisión que demanda. Por esa razón, gran parte de las investigaciones están dirigidas al conocimiento del comportamiento neuromuscular en el disparo, interviniendo a los deportistas con cambios en su ejecución técnica (6). Otros aspectos condicionales de la ejecución óptima de la técnica no han sido intervenidos, entre ellos, la capacidad física básica de fuerza. Es así como se han realizado diferentes estudios electromiográficos y del comportamiento muscular (18,20), enfocados en la forma de desarrollo muscular y en el comportamiento de los músculos participantes en los gestos deportivos.

La Ecografía: Con un transductor lineal de frecuencia variable, se realiza un análisis estático y dinámico de los hombros y espalda, para observar el estado de los tendones de los músculos involucrados en el estudio -con mayor énfasis en las inserciones del manguito rotador-, para tener referencia del estado inicial

y final de los tendones de los músculos que se van a intervenir y para conocer si existen lesiones antes del programa o después de él.

Evaluación de la fuerza máxima isométrica: consiste en realizar una contracción máxima isométrica por cinco segundos, y por medio de un software anclado a una maquina cinética de fuerza, que permitirá además conocer el punto máximo de la fuerza del deportista, analizar el comportamiento durante el tiempo de prueba. Los resultados de la prueba son arrojados en watts y se realizará en la fase inicial y final del cronograma planteado. Así, por medio de una comparación de datos, se estudiará dónde ocurrieron los cambios más significativos de la planificación y el nivel de cumplimiento de los objetivos.

En la presente investigación, el programa de entrenamiento de la fuerza evaluada, será establecido a partir de la planificación específica y con el desarrollo del método progresivo escalonado. Anexo 3

#### 4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2. Variables antropométricas

Variable	Definición	Criterio de medida
Edad	Edad cronológica en años cumplidos.	Años
Edad deportiva	Años de práctica de la modalidad deportiva	Años
Talla	Medida obtenida en posición bípeda de la longitud entre la coronilla y el talón del sujeto	Centímetros
Peso	Medida obtenida de la fuerza de gravedad que ejerce el cuerpo del sujeto sobre la balanza	kilogramos
IMC	Medida obtenida de la relación peso/talla <sup>2</sup>	1-4

Tabla 3. Variables de estudio

Variable	Definición	Criterio de medida
Electromiografía	Análisis de la actividad neuromuscular tanto en reposo como en tensión específica del disparo. Potencial de acción de las unidades motoras.	Micro-voltios por segundo. $\mu\text{v}.\text{seg}.$ Frecuencia (Hz). Micro-voltios por segundo. $\mu\text{v}.\text{seg}$
Fuerza máxima isométrica	Máximo nivel alcanzado por un músculo en una contracción máxima con isometría en cinco segundos.	Kilogramos kg.
Ecografía	Densidad tendinosa de los músculos evaluados.	Milímetros mm.

## **5. METODOLOGIA PROPUESTA**

### **5.1 TIPO DE ESTUDIO:**

La presente Investigación fue un Estudio Descriptivo Tipo Series de Casos, a través del cual se realiza la valoración de una serie de sujetos (tipo), representativos del tipo de actividad que realizan.

### **5.2 POBLACION**

Constituida por los 3 deportistas (selección Colombia).

Criterios de inclusión:

- Deportistas selección Colombia, categoría elite, de la modalidad recurvo masculino, que hayan aceptado ingresar al estudio por medio del consentimiento informado.

Criterios de exclusión:

- Deportistas con lesión osteomuscular.
- Deportistas que no cumplan con el entrenamiento planteado para la investigación.

Los deportistas se concentraron en una sede deportiva propuesta por la federación Colombiana de tiro con arco, cerca del lugar de las evaluaciones y los controles periódicos, para facilitar el proceso de seguimiento del programa de desarrollo de fuerza específica.

El nivel de cumplimiento del plan de entrenamiento de la fuerza fue del 95%, con un total de 1.501 repeticiones. La fuerza general trabajada al 10% de la CFI fue de 150,1 kg. La fuerza de resistencia trabajada con una intensidad del 35% fue de 525,35 kg. La coordinación intramuscular (etapa general) trabajada al 45% fue de 675,5 kg y la coordinación intra e inter muscular (específica) con un desarrollo del 10% de la CFI fue de 150,1 kg.

### **5.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.**

Fueron utilizadas como técnicas la observación realizada durante el proceso de entrenamiento y en las diferentes evaluaciones que se harán a los deportistas (pre y post).

El instrumento de recolección de información es un formato específico, en el que se consignaron todos los valores obtenidos mediante las diferentes pruebas, toma de peso y talla, ecografía, electromiografía, valoración de la fuerza máxima. (Ver anexo 2).

### **5.4 PROCEDIMIENTO**

A continuación, se presenta el procedimiento que se llevó a cabo en el proceso investigativo:

1. Concertación con la Federación Colombiana de tiro con arco para tener acceso a los deportistas en el proceso investigativo.
2. Concertación con los deportistas para definir los parámetros de su participación.
3. Firma del Consentimiento Informado: Cada uno de los deportistas firmó de manera voluntaria y consciente el consentimiento informado.
4. Test de valoración médica. Se concertó con el médico de la selección Colombia los test de valoración médica requeridos.
5. Primera evaluación. En la clínica Risaralda se realizó la ecografía músculo-esquelética en fase de relajación y en tensión muscular (ejercida mediante la técnica habitual del disparo). La evaluación la hizo un médico radiólogo especialista.
6. En el laboratorio de movimiento humano de la universidad tecnológica de Pereira, se realizaron los test de peso, talla y de fuerza. Este último, en una maquina multifuncional direccionada por un sistema de galgas, con software GLOBUS ERGO SISTEM (19), TCS suit, para evaluar la

fuerza máxima isométrica. La medición será realizada por el médico deportólogo encargado del laboratorio.

7. En el laboratorio de neurofisiología de la Universidad Autónoma de Manizales, se realizó el análisis de electromiografía de los músculos que predominan durante el disparo (deltoides, trapecio medio y pectoral mayor) en la fase crítica del anclaje. Realizado por un médico radiólogo especialista vinculado al proyecto investigativo.
8. Desarrollo del programa de entrenamiento de la fuerza: se realizó una intervención de noventa sesiones de entrenamiento, distribuidas en quince microciclos, con los siguientes componentes: tres para el proceso de evaluación y control, dos para la fase competitiva y diez de carácter desarrollador, tanto general como específico; incluidos en Cuatro mesociclos, así: un adaptativo a la carga, un básico desarrollador, un específico desarrollador y uno de carácter competitivo, El método de entrenamiento fue el progresivo escalonado con cargas sub máximas, entre el 60 y 80% en la fase general, entre el 80 y el 95% en la fase específica. El medio utilizado fue gravitacional, bajo una planificación de carácter tradicional, con el objetivo fundamentado en el componente de la carga, direccionado a desarrollar la fuerza de resistencia general y la coordinación intra e inter muscular, como componentes específicos.
9. Segunda evaluación. Se procedió a realizar los mismos procedimientos elaborados en la primera evaluación.
10. Análisis de los resultados.
11. Elaboración de informe final.
12. Socialización de los resultados.

## **5.5 DISPOSICIONES VIGENTES (CONSIDERACIONES ÉTICAS)**

Teniendo en cuenta que el desarrollo de esta investigación consiste en la aplicación de pruebas en seres humanos, se desarrolló considerando el respeto de la dignidad, la protección y el bienestar de la persona evaluada. Se apoyó en el artículo 11, categoría B, que se refiere a investigaciones con riesgo mínimo y procesos experimentales ya validados de la resolución 008430 del 4

de Octubre de 1964 y la declaración de Helsinki, adoptadas por la 18a Asamblea Médica Mundial Helsinki, Finlandia, en junio de 1964, donde refiere que: *la investigación biomédica en seres humanos debe ser realizada solo por personas científicamente calificadas y bajo la supervisión de un profesional médico competente en los aspectos clínicos*. La responsabilidad por el ser humano debe recaer sobre una persona médicamente calificada, y no sobre el individuo “sujeto de investigación”, aunque haya otorgado su consentimiento.

Se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para las investigaciones en salud. Para efectos de su comprensión y realización, se acredita de forma única por medio de la firma del consentimiento informado, ya sea del atleta o en su defecto, del acudiente del deportista, encaso de ser menor de edad, (ver anexo 1).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 DEPORTISTA 1.

Tabla 4. Comportamiento de la fuerza del deportista 1 durante el pretest y postest.

Atleta	Músculo	Pretest	Postest	Diferencia.
DEPORTISTA 1	Pecho	40 Kg.	65 Kg.	25 kg.
	Tríceps	30 Kg.	45 Kg.	15 kg.
	Hombro	40 Kg.	60 Kg.	20 kg.
	Espalda	80 Kg.	137 Kg.	57 Kg.
	Cuádriceps	70 Kg.	80 Kg.	10 Kg.

El estudio del desempeño de los grupos musculares estimulados durante la intervención reveló diferencias en cada uno. Deportista evaluado en el sistema software Globus ergo Sistem TC 4400. Medición pre y post test.

El deportista 1 tiene 16 años; el peso en la medición inicial fue de 68 Kg y en la evaluación final de 71,3 Kg. La talla es de 183 cms, el porcentaje graso en la medición inicial de 15,7% y al finalizar de 16,2%. BMI al inicio: 20,6, y al finalizar: 21,3.

Con relación al análisis antropométrico, se utilizó el medidor de composición corporal TBF300<sup>a</sup>, encontrándose: el perfil antropométrico se analizó con el protocolo de Yu Haz. Se efectuó una medición antes y después del programa de entrenamiento con un IC 95%,  $P=0.03$ , datos significativos para el grupo.

El análisis ecográfico (pre-test y pos-test) se realizó en los tendones infra espinoso, supra espinoso y redondo menor (músculos que componen el manguito rotador). La evaluación se efectuó de forma conjunta y unilateral con el propósito de dar potencia y viabilidad a los resultados al ser analizados por el software SPSS 11.5. Se tuvieron en cuenta los resultados conjuntos de los tres atletas y se realizaron pruebas no paramétricas con muestras relacionadas (Wilcoxon). Acciones que demostraron que el plan de entrenamiento y las

características de la modalidad inciden directamente en el desarrollo tendinoso. El brazo dinámico o de cuerda (MRD) mostró diferencias estadísticamente significativas, con un IC 95% y  $P= 0.02$ . Por otro lado, el MRI no muestra diferencias estadísticamente significativas, con un IC del 95% y  $P=0.49$ .

A nivel tendinoso -del manguito rotador derecho (MRD) y manguito rotador izquierdo (MRI)-, el análisis muestra cómo el deportista (1) tuvo inicialmente una media en MRD de 3.13 mm en comparación con una media en el post-test, de 4.76 mm. En el MRI (pre-test) tuvo una media de 3.81mm, y en el post-test, de 4.58mm, con normalidad en su formación tendinosa. En el momento de pretest, se diagnosticó:

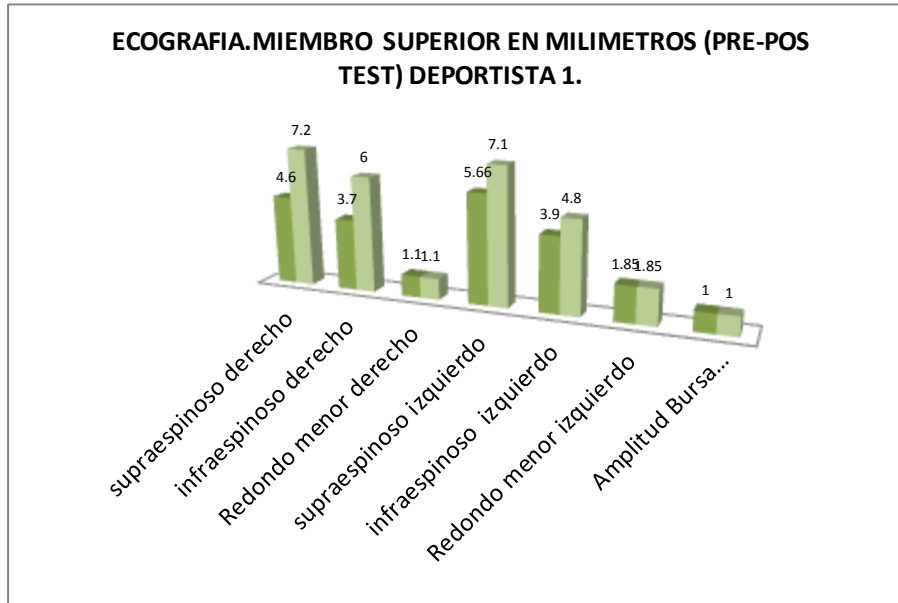
- Patrón fibrilar del bíceps braquial normal, sin presencia de líquido en su vaina. Tendón supra espinoso e infraespinoso de grosor normal, sin signos de ruptura parcial o total.
- Músculos del cuadrilátero con asimetría, con predominio del redondo menor izquierdo; no hay anomalías parabrales.
- No se observan irregularidades del contorno humeral.
- Ecografía del hombro comparativa estática y dinámica dentro de los límites normales.

En el pos-test:

- Se observan cambios significativos en la trofia muscular y tendinosa, con mayor grosor y elasticidad del tejido; sin presencia de inflamación o deterioro del mismo.
- Patrón fibrilar del bíceps braquial, normal, sin presencia de líquido en su vaina. Tendones supraespinoso e infraespinoso de grosor normal, sin signos de ruptura parcial o total.
- Músculos del cuadrilátero con asimetría, con predominio del redondo menor izquierdo; no hay anomalías parabrales.
- No se observan irregularidades del contorno humeral.

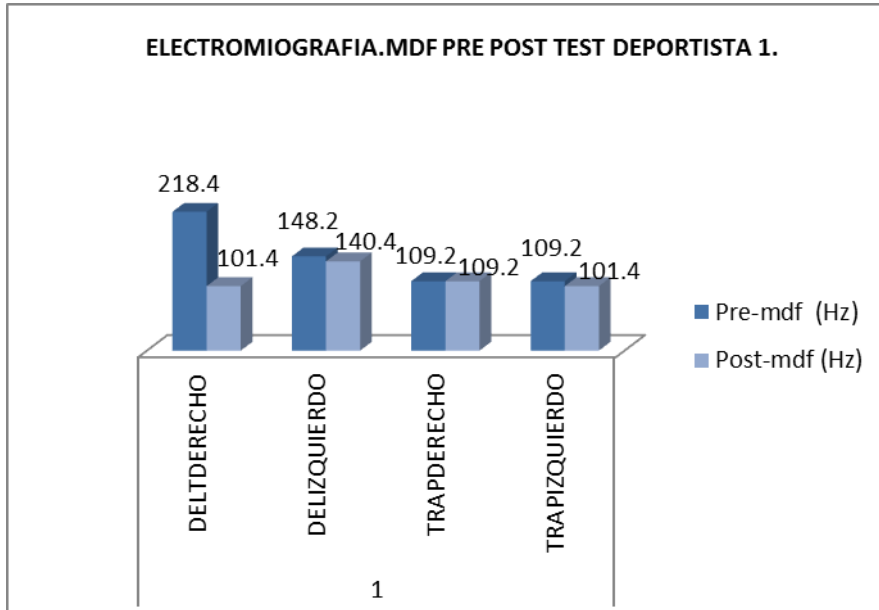
- Ecografía del hombro comparativa estática y dinámica, dentro de los límites normales.

Figura 1. Ecografía (pre-post test) en milímetros deportista 1.



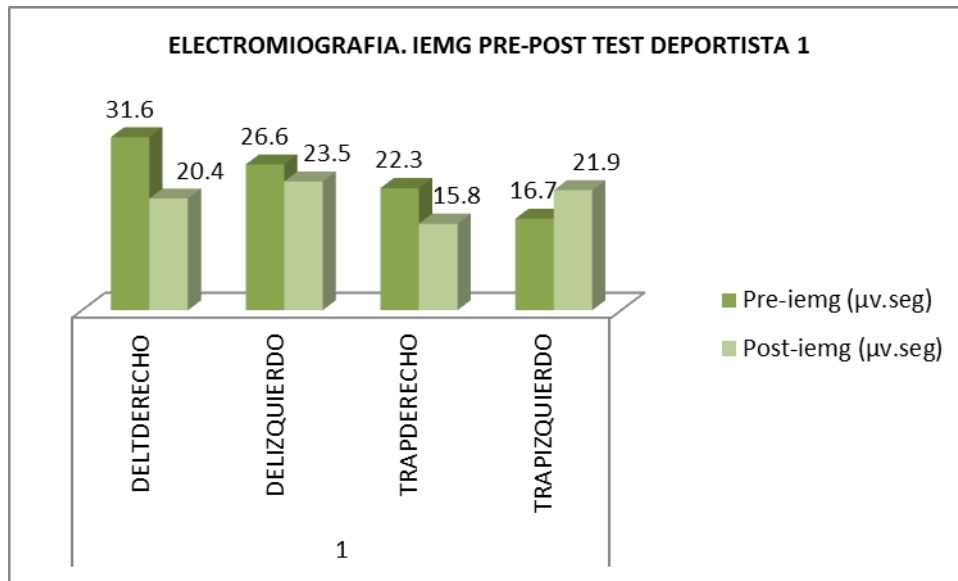
Resultados de la electromiografía en el deportista 1: presenta una disminución de la fatiga muscular en el deltoides derecho de 117 Hertz, mientras que en el deltoides izquierdo fue de 7.8 Hertz. En el trapecio derecho no hubo cambios, mientras que en el izquierdo, la disminución fue de 7,8 Hertz.

Figura 2. Electromiografía. Comportamiento de la Frecuencia media a través del tiempo, deportista 1.



Al revisar la muestra integrada de la electromiografía IEMG, relacionada con los datos de fuerza isométrica de contracción intramuscular, en el deportista 1, se encontraron los siguientes resultados: en el deltoides derecho hubo una reducción de la necesidad de fuerza isométrica a nivel intramuscular, durante el postest (11.2  $\mu$ v. seg), comparado con la del deltoides izquierdo, que fue de 3.1  $\mu$ v.seg. En el trapecio derecho hubo decrecimiento de la contracción isométrica intramuscular en el postest (3.1 2  $\mu$ v. seg ), mientras que en el trapecio derecho, se presentó un aumento de la contracción muscular en el postest (5.2 2  $\mu$ v. seg ).

Figura 3. Electromiografía. IEMG pre-post test. Fuerza de contracción, deportista 1.



El deportista 1 presentó los mayores cambios pre y post test -tanto de la fuerza referenciada por el IEMG como la fatiga referenciada por la MDF- en el deltoides derecho.

Figura 4. Pre Test. Deltoides derecho. Deportista 1. Septiembre 12 – 2010.

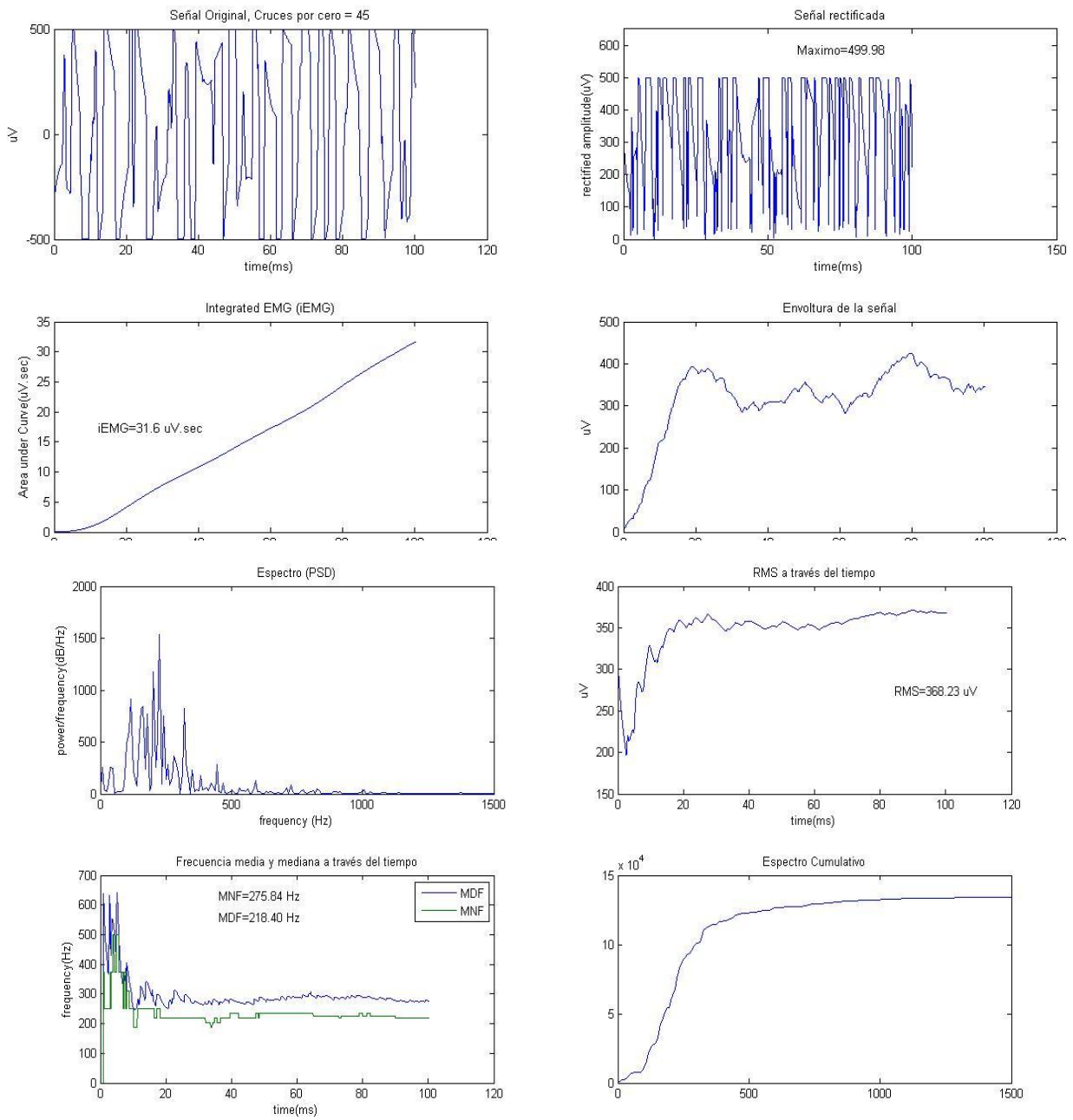
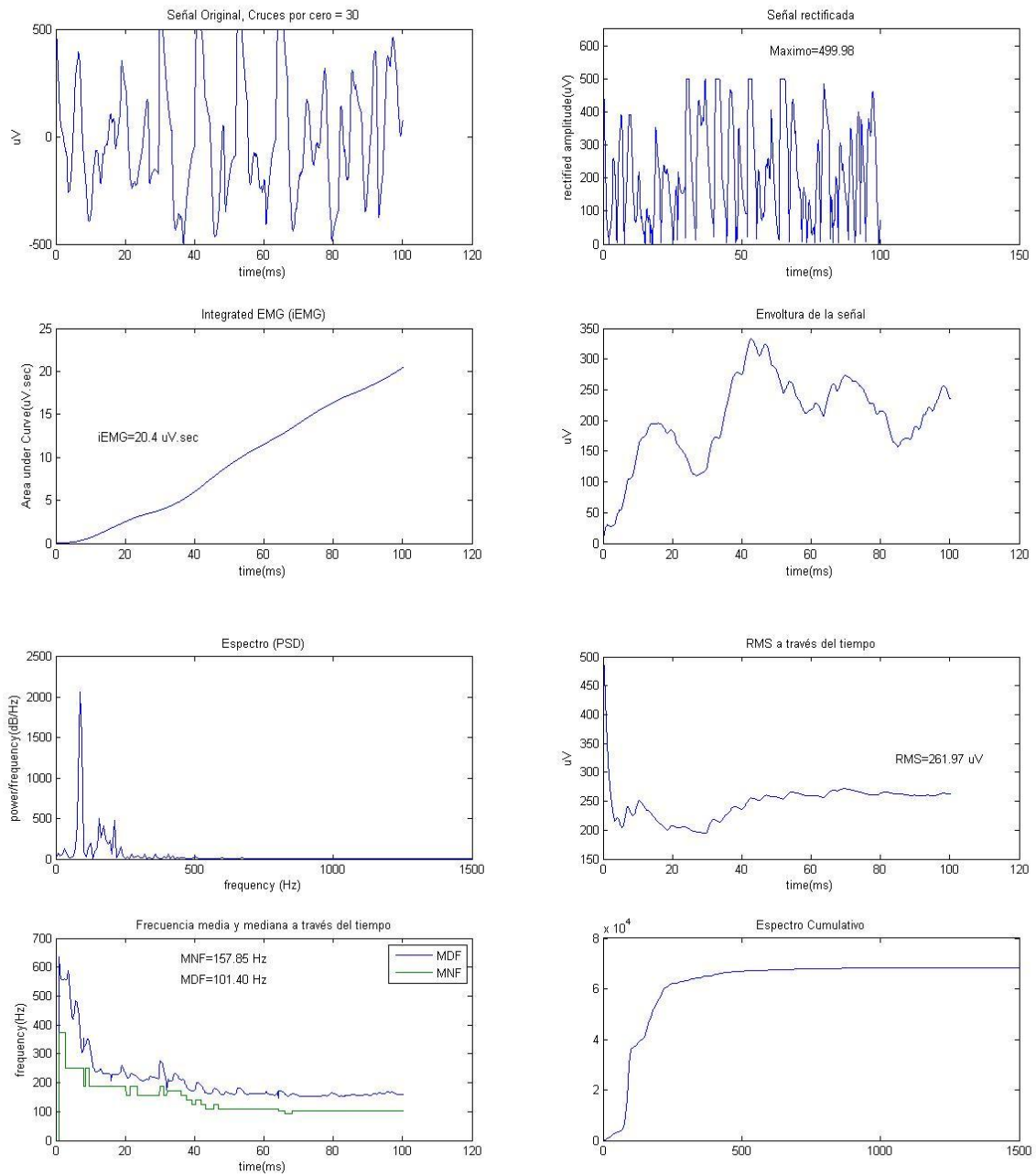


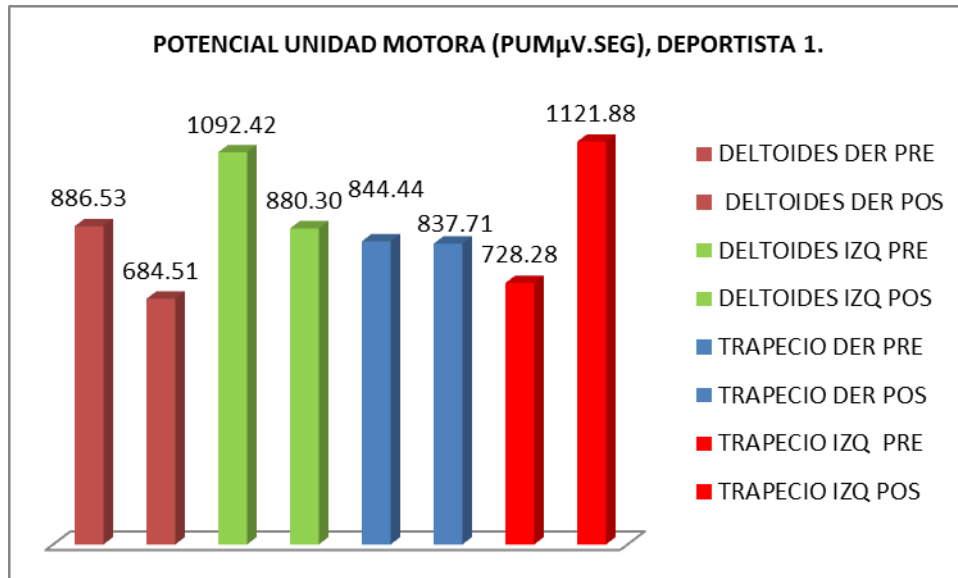
Figura 5. Post-test. Deltoides derecho. Deportista 1. Noviembre 25- 2010



En la descripción del potencial de acción de las unidades motoras reclutadas para el esfuerzo (PUM), se encontró en los deltoides (der-izq) un decrecimiento de la amplitud del esfuerzo realizado para la contracción de 202.02 y 212.12 ( $\mu\text{v}\cdot\text{seg}$ ) respectivamente. Los cambios en el trapecio incluyen (der) la disminución de la necesidad de esfuerzo en 6.73 ( $\mu\text{v}\cdot\text{seg}$ ), mientras, en el trapecio izquierdo, hubo un aumento de 393.06 ( $\mu\text{v}\cdot\text{seg}$ ). Los resultados indican

que el reclutamiento de unidades motoras para el esfuerzo en ambos deltoides y en el trapecio derecho fue menor, mientras que en el trapecio izquierdo, el potencial de reclutamiento de unidades motoras tuvo un mayor aumento.

Figura 6. Potencial de unidad motora, medida en mili voltios.seg. ( $\mu\text{v}.\text{seg}$ ), deportista 1.



## 6.2 DEPORTISTA 2.

El nivel de cumplimiento del plan de entrenamiento de la fuerza fue del 83%, con un total de 1.311 repeticiones. La fuerza general trabajada al 10% de la CFI fue de 131.1. La fuerza de resistencia trabajada con una intensidad del 35%, fue de 458,9. La coordinación intramuscular trabajada al 45% de la CFI fue de 590,1 y la fuerza máxima trabajada al 10% de CFI fue de 131.1.

Tabla 5. Comportamiento muscular del deportista 2 durante el pretest y postest.

Atleta	Músculo	Pretest	Postest	Diferencia
DEPORTISTA 2	Tríceps	25 Kg.	41 Kg.	16 Kg.
	Hombro	35 Kg.	43 Kg.	8 Kg.
	Espalda	65 Kg.	93 Kg.	28 Kg.
	Cuádriceps	60 Kg.	75 Kg.	15 Kg.
	Pecho	36 Kg.	50 Kg.	14 Kg.

El deportista 2 tiene 22 años; el peso en la medición inicial fue de 58 Kg y 62,7 en la medición final. La talla de 169 cms, el porcentaje graso en la medición inicial de 11,1% y 10,3% al finalizar. El BMI inicial de 21,3 y 22,2 en la medición final.

El diagnóstico de la ecografía muestra:

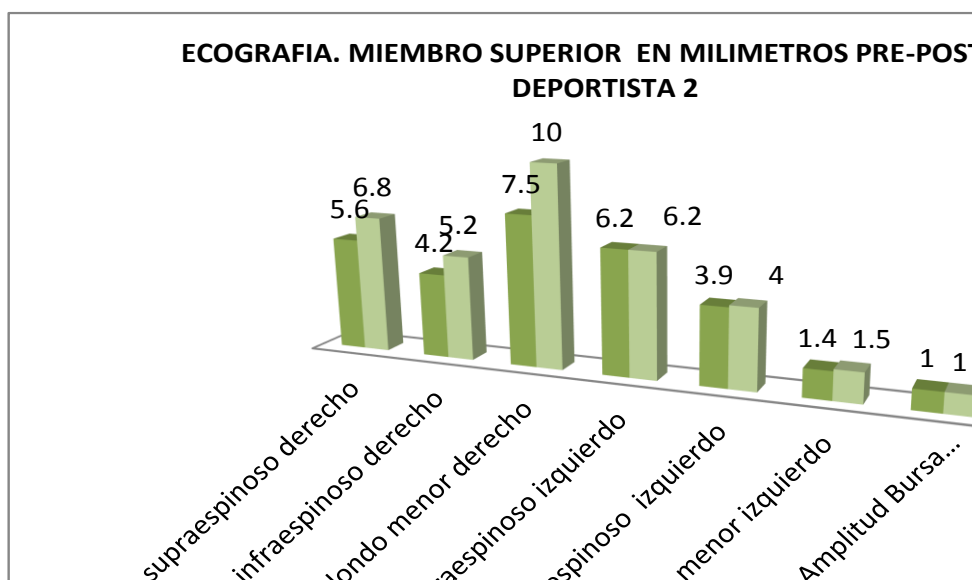
- Patrón fibrilar del bíceps braquial normal, sin presencia de líquido en su vaina. Tendones supraespinoso e infraespinoso de grosor normal, sin signos de ruptura.
- Los músculos del cuadrilátero con asimetría, con predominio del redondo menor izquierdo; no hay anomalías parabrales.
- No se observan irregularidades del contorno humeral.
- Ecografía del hombro comparativa estática y dinámica dentro de los límites normales.

En el postest se encontró:

- Cambios en la trofia muscular y tendinosa con mayor grosor y elasticidad del tejido, sin presencia de inflamación o deterioro del mismo.
- Patrón fibrilar del bíceps braquial normal, sin presencia de líquido en su vaina. Tendón supraespinoso e infraespinoso de grosor normal, sin signos de ruptura.
- Músculos del cuadrilátero con asimetría, con predominio del redondo menor izquierdo; no hay anomalías parabrales.
- No se observan irregularidades del contorno humeral.
- Ecografía del hombro comparativa estática y dinámica dentro de los límites normales.
- En el análisis conjunto de los resultados del estado tendinoso del manguito rotador se evidenció que:

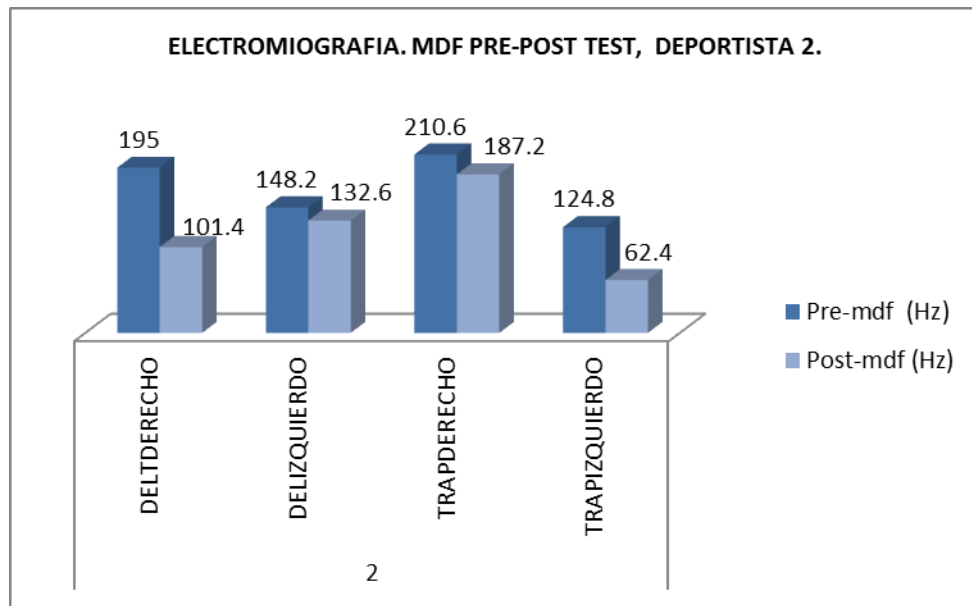
En el deportista 2 hubo cambios positivos a nivel de trofia tendinosa, con una media en el pre-test en MRD de 5.76mm y en el post-test, de 7.33mm. En MRI, un pre-test de 3,83mm y un post-test de 3,90mm, con normalidad en su formación tendinosa.

Figura 7. Ecografía pre-post test en milímetros, deportista 2.



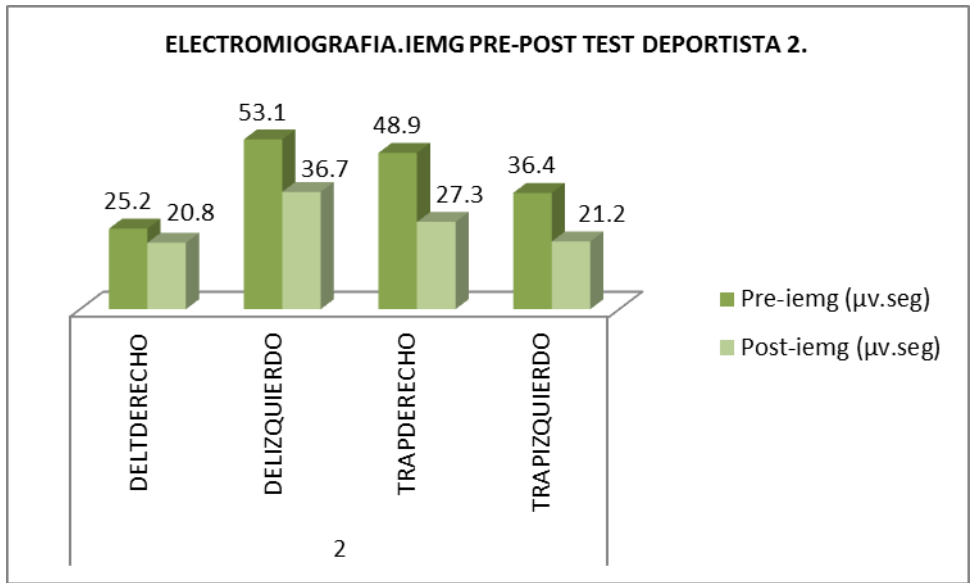
Con relación a la electromiografía, se pudo evidenciar (deportista 2) una disminución de la fatiga a nivel de los cuatro músculos evaluados. Se describe un mayor cambio en el músculo deltoides derecho, con un decrecimiento de 93.96 (Hz). El músculo que menos cambios presentó fue el deltoides izquierdo, con un decrecimiento de 15.6 (Hz) a la frecuencia o fatiga muscular.

Figura 8. Electromiografía. MDF Pre-post test. Deportista 2



Respecto a la fuerza de contracción evaluada en IEMG, los cambios que se describen muestran un decrecimiento en la necesidad de generar la fuerza de contracción isométrica a un mismo estímulo en los músculos primarios evaluados -en la ejecución del gesto técnico-. Los cambios más notables se presentan en el trapecio derecho, con un decrecimiento de 21.6 ( $\mu\text{v}.\text{seg}$ ) y en el deltoides derecho, que presentó el menor de todos: 4,6 ( $\mu\text{v}.\text{seg}$ ).

Figura 9. Electromiografía. IEMG Pre-post test. Deportista 2



Los mayores cambios pre-post de la fuerza referenciada por el IEMG se presentaron en el deltoides izquierdo. La fatiga referenciada por la MDF en el deltoides derecho, datos referenciados en el cuadro como frecuencia media y mediana a través del tiempo.

Figura 10. Pre test septiembre 12- 2010, deltoides izquierdo, deportista 2.

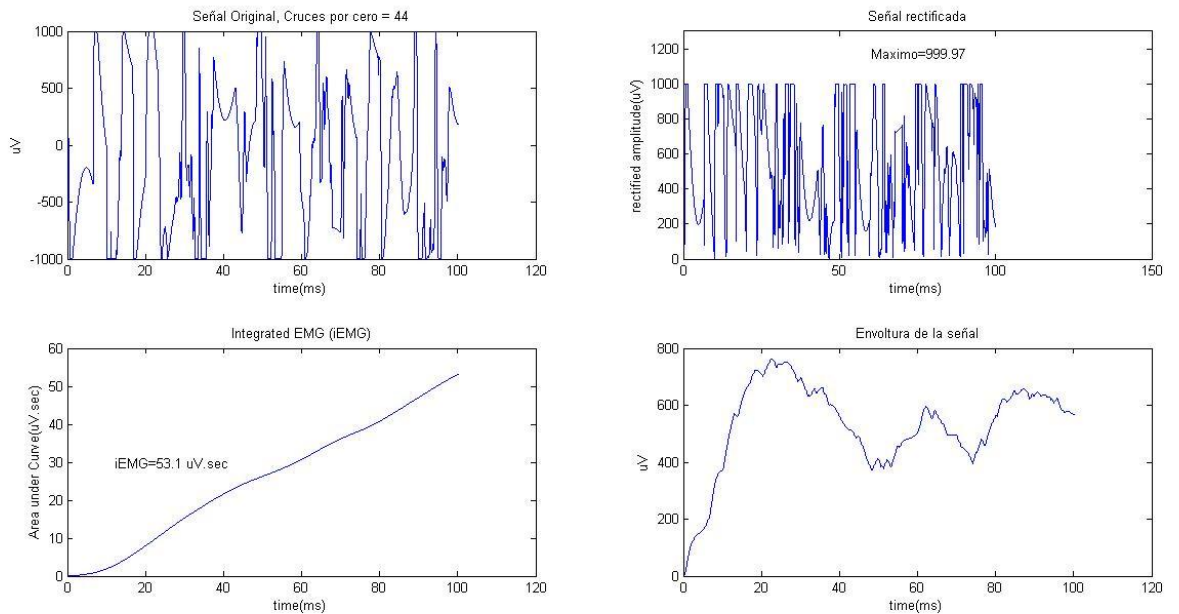


Figura 11. Post test noviembre 25- 2010, deltoides izquierdo, deportista 2.

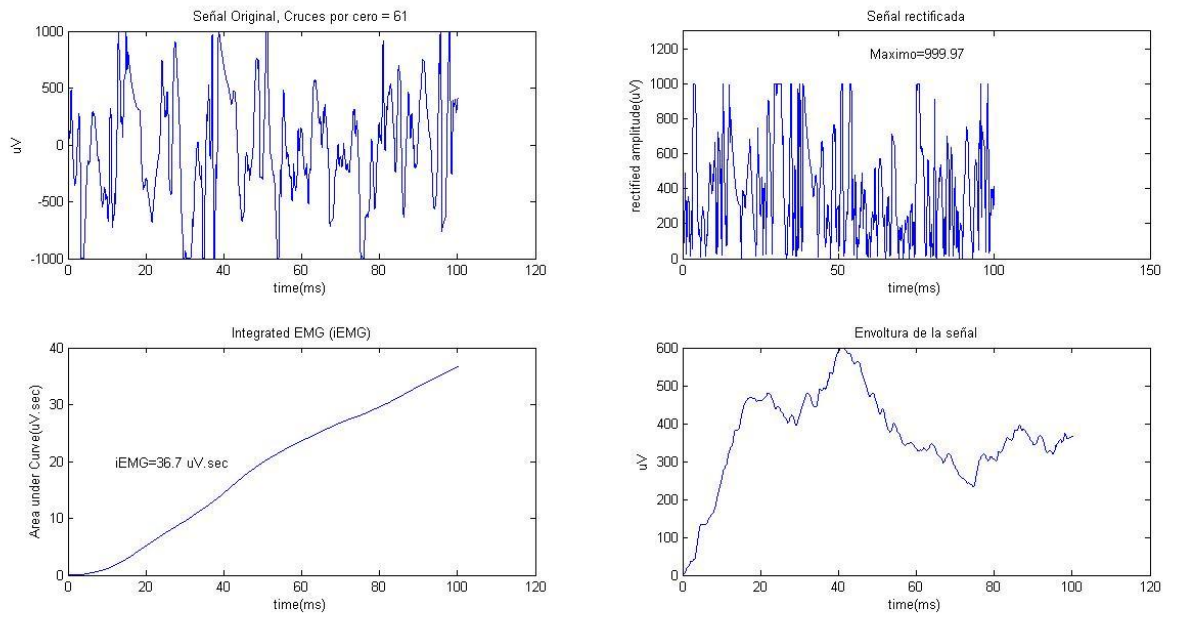


Figura 12. Pretest noviembre 25- 2010, deltoides derecho, deportista 2.

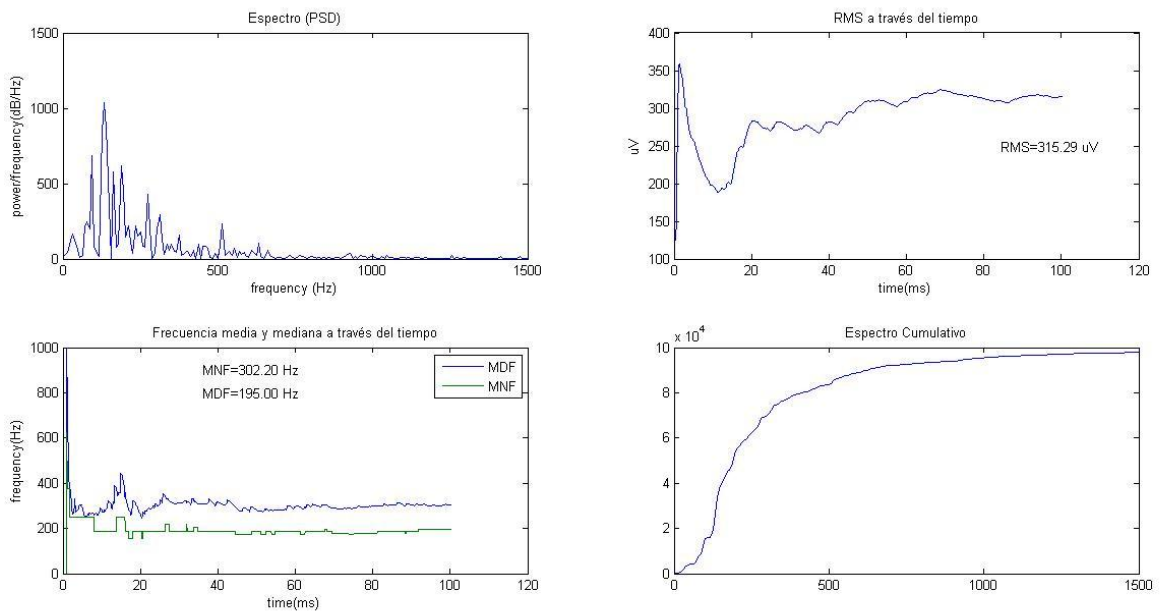
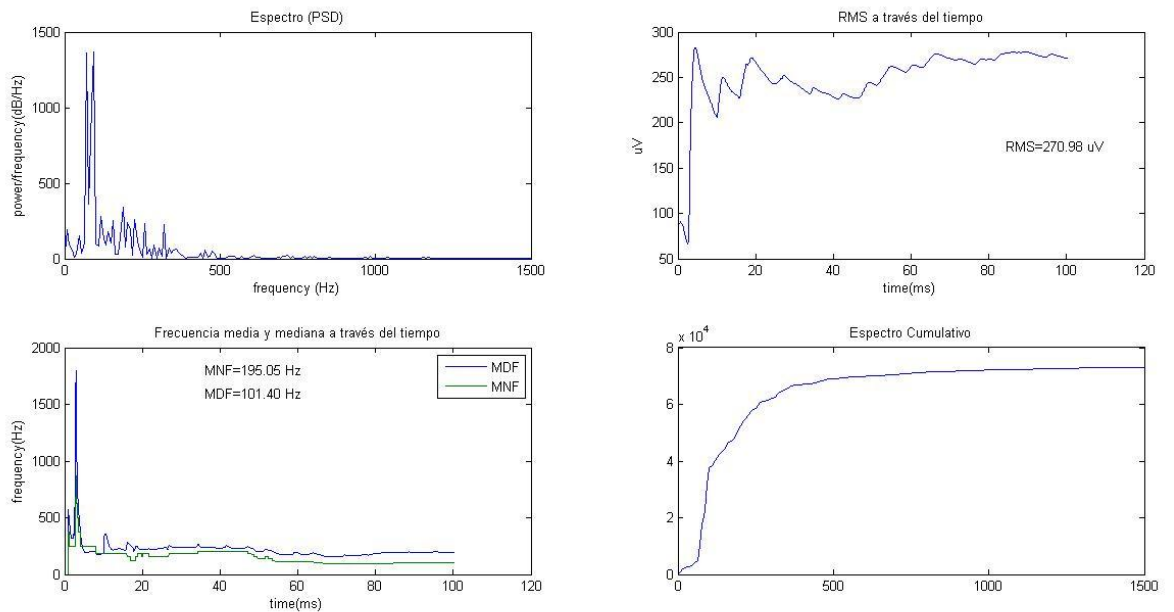
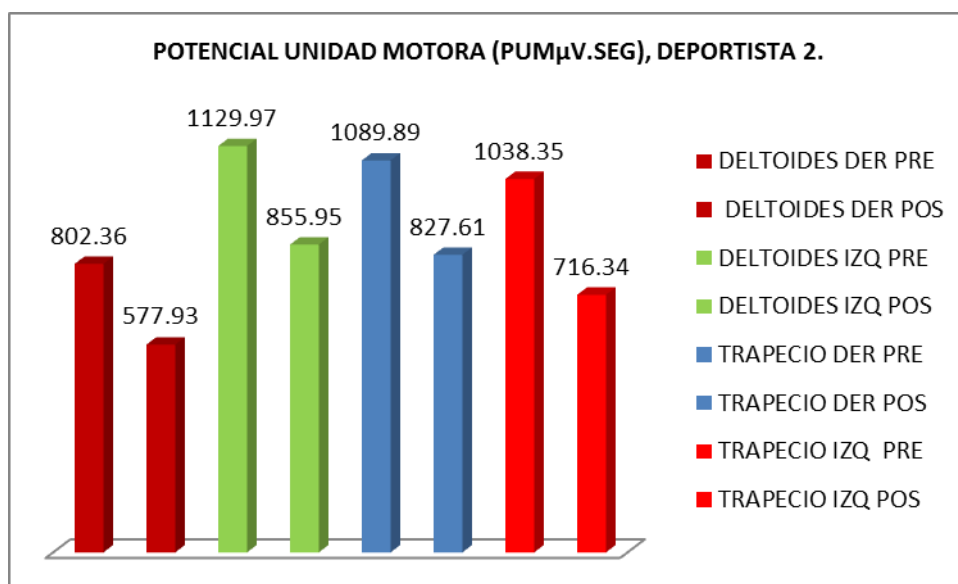


Figura 13. Post - test noviembre 25- 2010, deltoides derecho, deportista 2.



En la descripción del potencial de acción de las unidades motoras reclutadas para el esfuerzo (PUM), se encontró en los deltoides un decrecimiento de la amplitud del esfuerzo realizado para la contracción de 224.43 (der) y 274.02  $\mu v \cdot \text{seg}$  (izq). Igualmente, que en los trapecios derecho e izquierdo se describe un decrecimiento de la amplitud del esfuerzo realizado para la contracción de 262.28 y 322.01 ( $\mu v \cdot \text{seg}$ ), respectivamente. Esto indica que el reclutamiento de unidades motoras para el esfuerzo en ambos grupos musculares fue menor en el postest.

Figura 14. Potencial Unidad Motora. Deportista 2.



### 6.3 DEPORTISTA 3

El nivel de cumplimiento del plan de entrenamiento de la fuerza fue del 54%, con un total de 853 repeticiones. La fuerza general trabajada al 10% de la CFI fue de 853,2. La fuerza de resistencia trabajada con una intensidad del 35% fue de 298.6. La coordinación intramuscular trabajada al 45% de la CFI fue de 383,9 y la fuerza máxima trabajada al 10% de CFI fue de 85,32.

Tabla 6. Comportamiento muscular del deportista 3 durante el pre test y pos test.

Atleta	Músculo	Pretest	Postest	Diferencia
<b>DEPORTISTA 3</b>	Pecho	30 Kg.	35 Kg.	5 Kg.
	Tríceps	20 Kg.	29 Kg.	9 Kg.
	Hombro	37 Kg.	43 Kg.	6 Kg.
	Espalda	50 Kg.	75 Kg.	25 Kg.
	Cuádriceps	69 Kg.	80 Kg.	11 Kg.

En la ecografía se encontró. Pretest.

- Llama la atención un leve abombamiento e irregularidad de los tendones componentes del manguito izquierdo con las maniobras de tensión muscular.
- Patrón fibrilar del bíceps braquial normal, sin presencia de líquido en su vaina. Tendón supraespinoso e infraespinoso de grosor normal, sin signos de ruptura.
- Músculos del cuadrilátero con asimetría, con predominio del redondo menor izquierdo; no hay anomalías parabrales.
- No se observan irregularidades del contorno humeral.
- Ecografía del hombro comparativa estática y dinámica dentro de los límites normales.

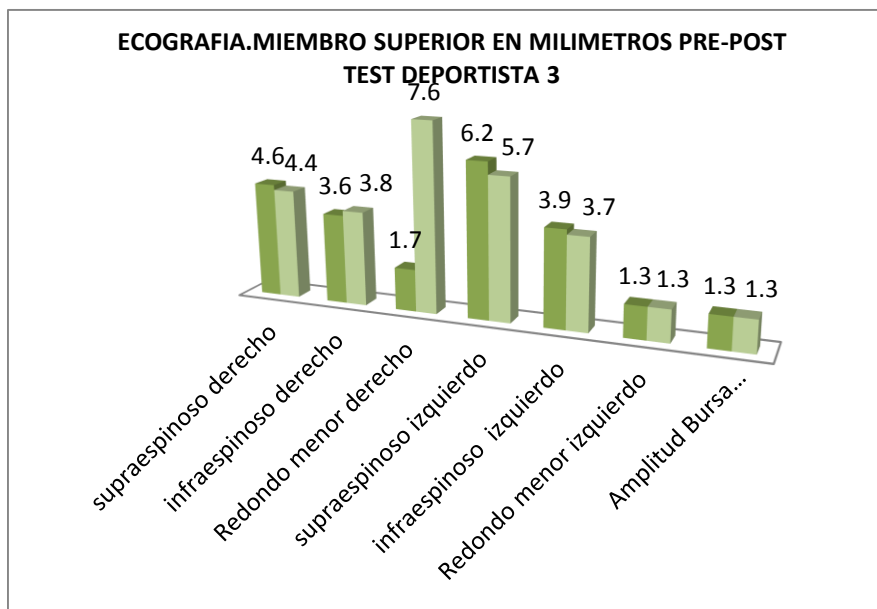
Postest

- Abombamiento y pinzamiento -estadio (1)- del manguito rotador izquierdo.

- Con tensión muscular se observan las inserciones del manguito rotador, con abombamiento y rose contra el borde inferior del acromion. El tendón del supraespinoso izquierdo alcanza un diámetro de 5.7 por el abombamiento y no por hipertrofia muscular.
- No hay líquido peri tendinoso.

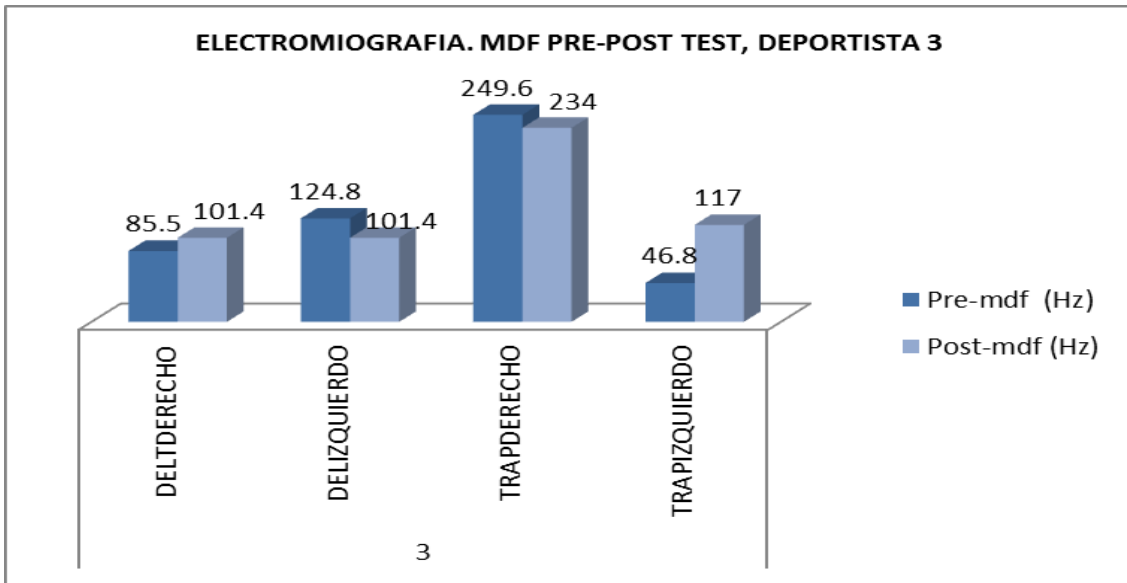
En el deportista 3 se evidenciaron los siguientes cambios a nivel del manguito de los rotadores: en el MRD, el pre-test arrojó una media de 3.30mm y el post-test de 5.26mm, con un abombamiento anormal en el supra espinoso derecho. En MRI presentó un pre-test de 3.80mm y un post-test de 3.56mm.

Figura 15. Ecografía. Miembro superior. En milímetros. Pre-post test.



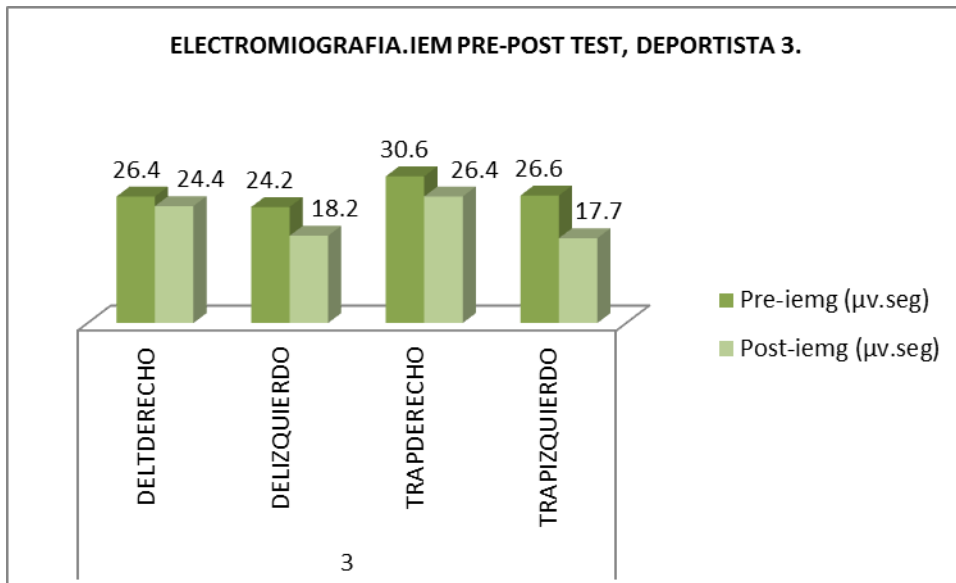
Con relación a la electromiografía, el estudio de la media de frecuencia, evidencia (mús. deltoides izq. y trapecio der.) un decrecimiento de la fatiga de 23.04 y 15.6 (Hz). En el deltoides derecho y trapecio izquierdo se describe un aumento de la fatiga de 15.9 y 70.2 (Hz) respectivamente.

Figura 16. Electromiografía. MDF. Pre-post test. Deportista 3.



La integrada de electromiografía IEMG, relacionada con la fuerza isometrica de contracción intramuscular, en el deportista 3, muestra un decrecimiento en el deltoides derecho de la necesidad de fuerza isometrica a nivel intramuscular en el postest (1.96  $\mu$ v. seg), comparado con el deltoides izquierdo (6  $\mu$ v.seg). Se observa cómo en el trapecio derecho hubo decrecimiento de la contracción isometrica intramuscular en el postest (4.2  $\mu$ v.seg), mientras que en el trapecio derecho hubo un aumento de la contracción muscular en el postest (8.9  $\mu$ v. Seg).

Figura 17. Electromiografía. IME. Pre-post test. Deportista 3.



Los mayores cambios pre-post de la fuerza referenciada por el IEMG se evidenciaron en el trapecio izquierdo. Datos presentados en el cuadro tres. Referenciado como el área bajo la curva IEMG.

Figura 18. Pre test septiembre 12- 2010, trapecio izquierdo, deportista 3.

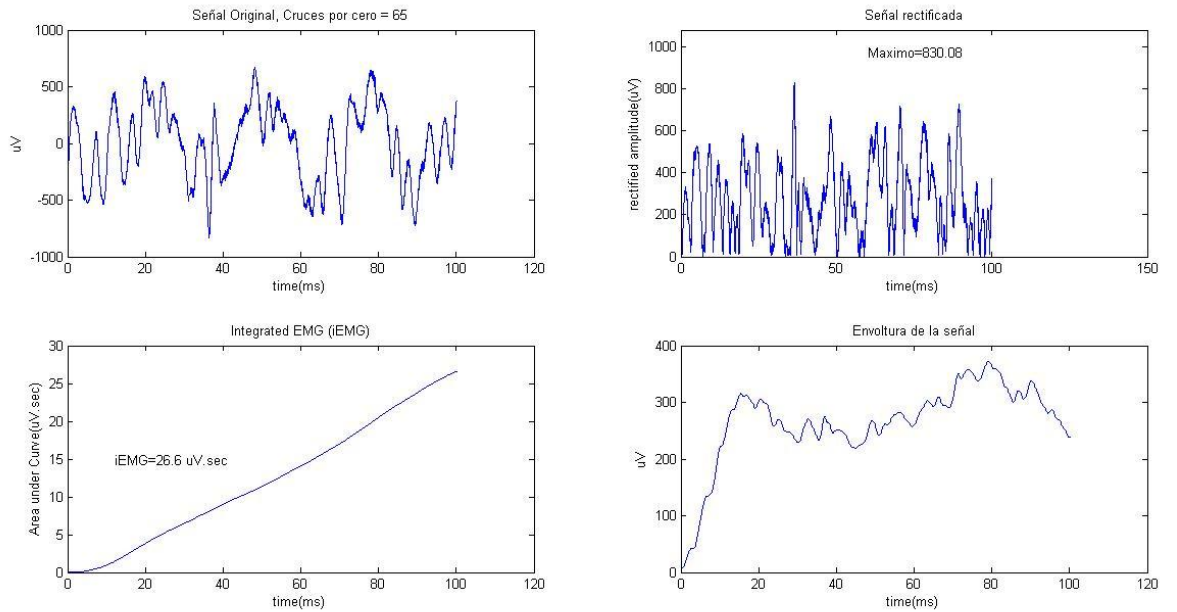
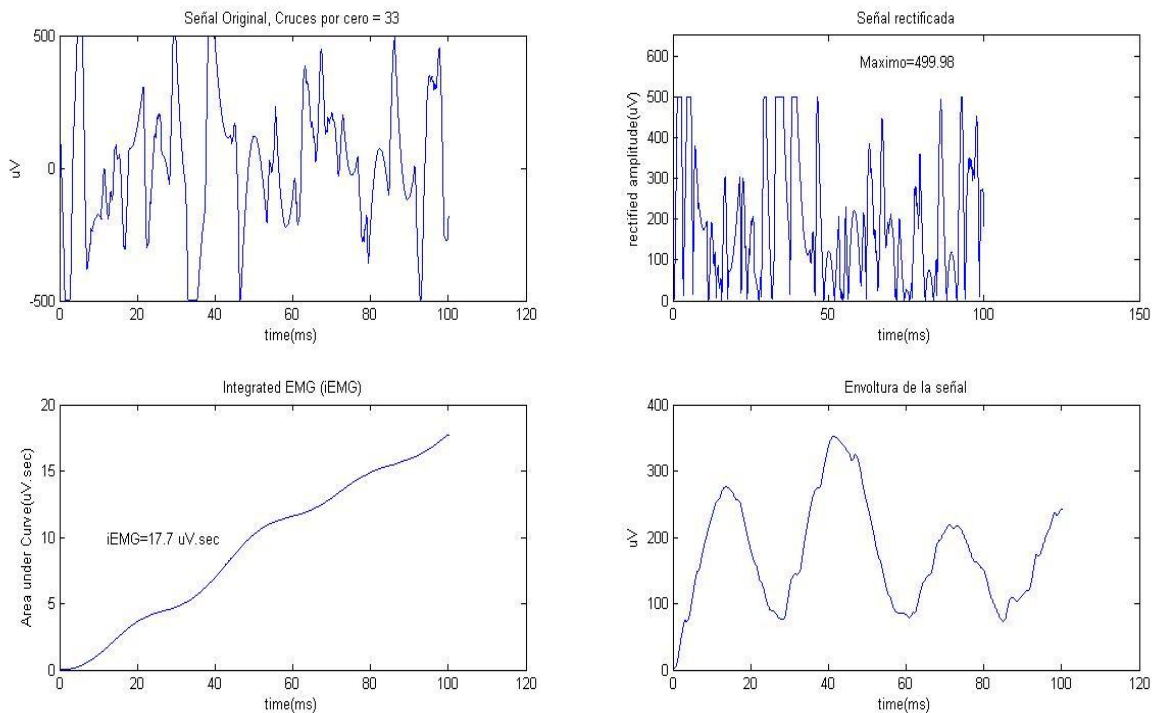
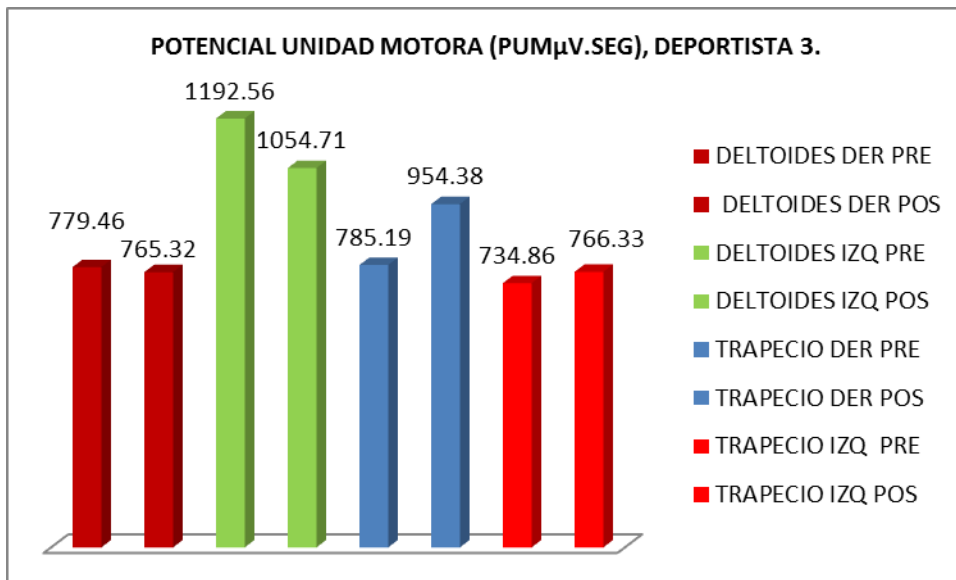


Figura 19. Post-test test noviembre 25- 2010, trapecio izquierdo, deportista 3.



En la descripción del potencial de acción de las unidades motoras reclutadas para el esfuerzo (PUM), se encontró un decrecimiento de la amplitud del esfuerzo realizado para la contracción de 14.14 en el deltoides derecho y de 114.56 ( $\mu\text{v}.\text{seg}$ ) en el deltoides izquierdo. El trapecio aumentó la amplitud del esfuerzo para la contracción 169.19 (der) y 31.47  $\mu\text{v}.\text{seg}$  (izq). Se concluye que el reclutamiento de unidades motoras para el esfuerzo en ambos deltoides fue menor, mientras que en los trapecios derecho e izquierdo, el potencial de reclutamiento de unidades motoras tuvo un aumento en la comparación del pre y el postest.

Figura 20. Potencial Unidad Motora. Deportista 3.



## **7. DISCUSIÓN**

El objetivo de esta investigación consistía en determinar los cambios a nivel de estructura muscular y el comportamiento de la fuerza, que ocurrían después de un programa de fuerza en los músculos primarios del disparo en la fase de anclaje, en tiro con arco. Con el propósito de conocer la aplicabilidad (pertinencia) de los programas de entrenamiento direccionados al desarrollo de las capacidades físicas específicas de la modalidad (fuerza), debido a que la modalidad deportiva no presenta un entrenamiento definido, consecuente o encaminado al desarrollo específico de la fuerza, para la consecución de altos logros. Esta es una modalidad que se caracteriza por estar conformada por personas que no tienen un prototipo o perfil deportivo, ni una condición física determinada, como por ejemplo, lo encontramos en atletas, futbolistas, nadadores, ciclistas, etc. Los procesos de entrenamiento tradicionales del tiro con arco son direccionados al desarrollo de la ejecución técnica, de la concentración; pero deja de lado el componente físico y fisiológico. Lo que trae como resultado, indicadores de rendimiento bajos, comparado con los resultados internacionales.

La electromiografía (EMG) fue escogida como método de evaluación. Y nos ofreció la posibilidad de estudiar el comportamiento de las unidades motoras reclutadas para cada estímulo en el movimiento de ejecución técnica y apreciar los cambios que suceden después de un entrenamiento de fuerza específico. Se logró analizar las amplitudes de la actividad motora durante el disparo y las consecuencias del entrenamiento.

Se evidenció una mayor facilidad de ejecución después del programa de entrenamiento. Como consecuencia de adaptaciones funcionales y biológicas, los músculos implicados reclutaron menos unidades motoras durante un mismo estímulo aplicado en dos momentos diferentes de la preparación., produciéndose una activación de las fibras de contracción lenta, reclutadas en el programa de entrenamiento y en menor cantidad, de las fibras de contracción rápida FT de tipo I y II, (32,34). La señal de amplitud de la onda y

las medias de las frecuencias disminuyeron en el posttest, en la mayoría de los casos.

Estudios sobre el comportamiento de la fuerza máxima -después de diez semanas de entrenamiento progresivo de la fuerza- nos señalan que el incremento significativo de la fuerza está acompañado por un incremento de la actividad neural voluntaria y un reclutamiento mayor en las fibras de contracción de tipo I (ST) y II (FT mix), que son las primeras en activar sus unidades motoras para realizar el movimiento (30,34). En este trabajo, no se define el tipo de fibra reclutado por el programa de entrenamiento, pero los resultados arrojados de la actividad neural, frente a un mismo estímulo, aplicado en dos momentos diferentes, después de un programa de quince semanas de entrenamiento de la fuerza, utilizando el método progresivo escalonado, nos muestra una disminución en la necesidad de reclutamiento de unidades motoras y su potencia de inervación, es decir, disminuye el trabajo muscular en cuanto a la necesidad de fuerza. Con relación a la resistencia, según la media de la frecuencia de inervación (MDF), el estudio indica que existe una disminución en la mayoría de los casos por adaptación fisiológica y no como lo refieren Algunos estudios, que probaron que la fatiga acumulada y la producción de ácido láctico disminuyen el potencial de acción de la unidad motora, razón por la que disminuye la frecuencia de inervación e interacción con la célula muscular (32).

Los protocolos utilizados en este trabajo investigativo, no permiten que el deportista alcance niveles máximos de esfuerzo, tampoco realiza esfuerzos prolongados, por lo que no alcanza niveles altos de fatiga la cual puede influir en la respuesta de la célula muscular al estímulo (32.34).

La electromiografía (EMG) resulta ser el un método diagnóstico útil para validar hipótesis, y simplificarlas en el desarrollo de modelos dinámicos del aparato locomotor. Sin embargo, hoy existe confusión respecto a la EMG debido a la deficiente comprensión de los principios físicos que rigen esta metodología (la naturaleza de la señal registrada y el procesamiento de los datos). El objetivo de este trabajo ha sido describir los cambios que ocurren a nivel muscular

después de un programa de fuerza. En él, los fundamentos de la EMG son base de sustento para la descripción de los datos. Conviene aclarar que la señal electromiográfica registrada no depende solo de la intensidad de la acción muscular, sino también de la calidad de la instrumentación utilizada y el tratamiento adecuado del electromiógrafo, porque permite conocer las implicaciones objetivas del entrenamiento específico en el estudio de la técnica deportiva, en las diferentes modalidades de los deportes de precisión.

## **8. CONCLUSIONES**

El análisis de los resultados demostró que la fuerza juega un papel decisivo en la ejecución técnica. En muchos casos (no en todos), el fallo técnico no se produce por falta de coordinación o habilidad, sino por la deficiencia de fuerza en los grupos musculares que intervienen en una fase concreta del movimiento (29).

Con el entrenamiento direccionado al desarrollo de la fuerza en los arqueros de selección Colombia, surgieron adaptaciones concretas, relacionadas con el plan de trabajo, la individualización y cumplimiento cabal del mismo, mejorando la respuesta al estímulo referido (el libraje del arco) evidenciado en la disminución de la fuerza para la respuesta motora haciéndola mas fina .

Con respecto de la apertura hasta la fase de anclaje, se analizó la capacidad de soportar o vencer la carga y la acción de las unidades motoras en respuesta al estímulo. Se evidencio una disminución en la activación de las unidades motoras, la reducción del PUM y, por ende, la menor necesidad de desarrollo de la fuerza.

Se evidencio el cambio morfológico de los deportistas. Después del proceso de entrenamiento específico, en relación con los objetivos biológicos y pedagógicos inherentes a la planificación, se evidenciaron cambios en la masa magra, el peso y en los perímetros del tren superior (todos los valores aumentaron). De la misma forma, se produjo una hipertrofia tendinosa, sin abombamientos degenerativos en los casos que cumplieron por encima del 80% de lo planificado, en los músculos evaluados e implicados en el disparo.

Se desarrolla en el atleta una mayor capacidad de resistencia a la fatiga, factor determinante en la ejecución técnica del disparo, aumentándose igualmente, la capacidad de soportar estímulos complejos en busca de la maestría deportiva (13,27,28).

## **9. RECOMENDACIONES**

Se recomienda integrar las implicaciones de un programa de fuerza específico en el nivel de rendimiento del deportista, con respecto a los puntajes obtenidos, antes y después del programa de intervención.

El programa de entrenamiento debe seguir criterios unificados: específicos al deportista y a la modalidad e integrada al proceso de entrenamiento técnico, no implementado como un modelo interdisciplinario -en el que existe una suma de esfuerzos, sino la transdisciplinaridad, en la que todos los esfuerzos convergen para la consecución de un objetivo.

Es importante considerar dentro de los planes de entrenamiento deportivo de tiro con arco, la implementación específica de programas de desarrollo de la fuerza: procesos generales de preparación física, con direccionamiento específico a la modalidad.

La ejecución de la técnica depende de la estabilidad y eficacia muscular. En los deportes de precisión, se determina por los efectos de la gravedad, la intervención muscular, las propiedades mecánicas de las estructuras pasivas del aparato locomotor que tienen lugar en la práctica de esta modalidad (12). Se sugiere un entrenamiento continuado en el que se evalúe, controle y desarrolle las capacidades físicas condicionales, el desarrollo de la fuerza específica en los niveles de coordinación inter e intra muscular, y el perfeccionamiento del gesto técnico.

Para próximas intervenciones en los deportistas de tiro con arco, se debe integrar el entrenamiento en perfiles técnicos, físicos, metodológicos y de ciencias aplicadas. Todo esto, para que los resultados puedan ser implementados como parte de un proceso de crecimiento deportivo personal y global, con miras al reto mundial y olímpico, y a la permanencia en el tiempo.

## **Referencias Bibliográficas**

1. Instituto Colombiana de la Recreación y el deporte (Coldeportes). Del deporte: definiciones y clasificaciones. In: Kinesis, editor. Legislación deportiva, ley 181 de1995. 1 ed. Bogotá: Coldeportes; 2001. pp. 21-22.
2. Lee k, bont R. Phisical Training. In: softback edition, editor. Total Archery. 1 ed. Republic of Corea: SAMICKSPORTSCO; 2005. pp. 14-31-44.
- 3.Torres A, Cardona J y Stephens R. Efectos del entrenamiento pliométrico en miembros superiores en la fuerza aplicada y la precisión de tiro con bola, en jóvenes beisbolistas de 12 a 14 años. Del Inder Envigado. Udea, 2005.
- 4.Carratalá V, Carqués L. Valoración de la fuerza explosiva, elástico-explosiva de los judokas infantiles y cadetes del equipo nacional español. Departamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Valencia. España, 2003. [www. judoinfo.com/.../159-valoracion-de-los-componentes-cineantropomet...-](http://www.judoinfo.com/.../159-valoracion-de-los-componentes-cineantropomet...)
- 5.Mansilla M, Villa J, García J, López C. Comparación de diferentes manifestaciones de fuerza y flexibilidad entre luchadores de lucha leonesa y judokas. Facultad de ciencias de la Actividad Física. Universidad de Extremadura, I congreso de la Asociación Española de Ciencias del deporte, 2006.
- 6.Berdejo, D.; González, J.M. Strength training in young tennis players. Journal of Sport and Health Research. 2009, 1(1):46-55.
- 7.Herrera AH. Contraste pre isométrico como método para el incremento de la fuerza específica en atletas de tiro con arco. 2009.
- 8.Emin E, karol H. Shoulder Strengtening exercises for injury prevention in archery. In: Emin E, karol H, editors. Sports medicine and science in archery. 1 ed. Ankara: FITA; 2004. pp. 87-88-89.
- 9.Emin E, karol H. Muscular Activation strategies in archery. In: EminE, karolIH, editors. Sports medicine and science. 2 ed. Ankara: FITA; 2008. pp. 22-26.
- 10.Lee kisik, Benner Tyler. Posture. In: Adamson Spencer, editor. TOTAL archery inside the archer. 1 ed. California u.s: Astra LLC; 2009. pp. 16 -17 -18 -19.
- 11.Lee k, Bondt R. Biomechanics. In: edition s, editor. Total Archery. 1 ed. Republic of Corea: SAMICK SPORTS CO; 2005. pp. 75- 76- 77- 78.
12. Lee k, Benner T. Shoulder Alignment. In: Adamson Spencer, editor. total archery inside thearcher. 1 ed. California u.s: Astra LLC; 2009.pp. 190-191-192-193-194-195-196.

13. Emin E, Karol H. Kinesiological analysis of archery. In: Emin E, Karol H, editor. Sports Medicine and science in archery. Ankara: FITA; 2004. p. 34-56-78-91.
14. Lopez Chicharro J, Izquierdo Redin M, Gonzales Badillo J. Prescripción del entrenamiento de la fuerza. In: fisiología del ejercicio. 3ed. Madrid: editorial panamericana; 2008. p. 143-154.
15. López Chicharro J, Gonzales Badillo J, Izquierdo Redin M. fuerza muscular: conceptos y tipos de acciones musculares. In: fisiología del ejercicio. 3 ed. Madrid: Médica panamericana; 2008. p. 81-99.
16. García Manso JM. Principios del entrenamiento. In: Bases teóricas del entrenamiento deportivo. 1 ed. Barcelona; 2003.
17. Henning A. Entrenamiento de la fuerza. In: convenio Colombo-alemán, editor. Entrenamiento deportivo. 7 ed. Bogotá; 1979. p. 67 68 69.
18. Lopez CJ, Izquierdo RM, Gonzales BJ, Ibáñez SA. Entrenamiento de la fuerza: adaptaciones neuromusculares y hormonales. In: Fisiología del ejercicio. 3 ed. Madrid; 2008. p. 156-166.
19. Wise L. Muscle activity during Back tension. In: Series of out door sports, editor. Core archery. 16 ed. United States: On target; 2007. p. 90-92
20. Lee kissik. Technical performance analysis. In: edition s, editor. Total Archery. 1 ed. Republic of Corea: SAMICK SPORTS CO; 2005. p. 91 92-97.
21. Yiming H, Nan Liao Chien. Muscle Fatigue and Activation Pattern of Upper Back and Shoulder Girdle Muscles in Archers. Medicine and science in sports and exercise 2006; 2408:140.
22. Luis CP, Forteza de La Rosa A, Díaz GA. Estudio electromiográfico del músculo bíceps braquial en jugadoras de baloncesto durante el tiro libre. <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 10 - N° 68 - Enero de 2004.
23. Lerma HD. Proyecto. In: ediciones E, editor. Metodología de la investigación. 2 ed. Bogotá; 2004. p. 90-93.
24. Golbus Ergo System. Valoración de la Fuerza. In: tsc suit ed. Italia: C Bosco; 1994.
25. Pansky B. Músculos de extremidad superior. In: McGraw Hill Interamericana, editor. Anatomía Humana. 6 ed. México: McGraw Hill companie sinc; 1998. p. 232-255.
26. Poblador JA, Gómez E, Ruiz C. Estudio electromiográfico de la técnica de lanzamiento en escalada. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Zaragoza (España). <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 10 - N° 75 - Agosto de 2004.

27. Da Silva ME, Padulles JM, Nuñez V, Vaamonde D, Puerto JR, Lancho JA. Análisis electromiográfico y de percepción de esfuerzo del tirante musculador con respecto al ejercicio de medio squat. *Apuntes. Educación Física y deportes*, 2005; 45-52.
28. Vershoshanky Y, stiff M. Medios de entrenamiento para la fuerza especial: estimulación neuromuscular para el desarrollo de la fuerza. *Súper entrenamiento*. 2 ed: Editorial Paidotribo, Barcelona; 2000. P. 255-266.
29. Billat V, *entrenamiento deportivo: metodología del entrenamiento deportivo. Fisiología y metodología del entrenamiento de la teoría a la práctica*. 1 ed. Editorial Paidotribo, Barcelona; 2002. pp. 130-134.
30. Hohmann A, Letzelter M, Lames M. Capacidad de rendimiento en el deporte. *Fuerza en el deporte. Introducción a la ciencia del entrenamiento*. 1 ed. Editorial Paidotribo; 2005. pp. 81-104.
31. Weineck J. Entrenamiento y periodización. *Entrenamiento Total*. 1 ed. Editorial Paidotribo; 2005. pp. 57-60
32. Weineck J. Entrenamiento de la fuerza. *Entrenamiento Total*. 1 ed. Editorial Paidotribo; 2005. pp. 215-240.
33. Gonzales B Juan, Gorostiaga Esteban. *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza, aplicación al alto rendimiento, comité olímpico español y universidad Autónoma de Madrid*. 2011.
34. Keijo H, Robert N. Cambios en la Morfología Muscular, Actividad Electromiográfica, y en las Características de Producción de Fuerza durante el Entrenamiento Progresivo de Sobrecarga, en Hombres Jóvenes y Ancianos. Centro de Investigación Neuromuscular y Departamento de Biología de la Actividad Física, Universidad de Jyvaskyla, Finlandia. 2007.
35. Alvares R, Santos C, Medina H, Esther. Desarrollo histórico y fundamentos teóricos de la electromiografía como medio diagnóstico. *Revista Cubana de medicina militar, ciudad de la habana*; 2006.v.35. n.4.
36. Fernández, J, Acevedo R, Taberning C. Influencia de la fatiga muscular en la señal electromiográfica de músculos estimulados eléctricamente. *Escuela de ingeniería de Antioquia, Envigado, revista EIA, numero 7*; 2007. Pp. 111-119.
37. Caballero K, Duque L, Ceballos S, conceptos básicos para el análisis electromiográfico; *instituto ciencias de la salud; revista ces; vol 15.No 1*. 2002.
38. Masso N, Ferrán R. Romero D. *Aplicación de la electromiografía de superficie*. Universidad ciencias de la salud blanquerna; Barcelona. 2010.
39. Moura M, Tessuti L. Moraes A. Análise do exercício abdominal “crunch” realizado com cargas máximas e submáximas: Respostas eletromiográficas da musculatura abdominal. *Universidad de Campinas. Brasil*. 2011. vol. 7, n. 1, pp. 85-93.

## ANEXOS

### ANEXO 1. FORMATO CONSENTIMIENTO INFORMADO.

FACULTAD DE SALUD  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN CUERPO MOVIMIENTO  
FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN  
EN INVESTIGACIONES

**Comportamiento de la actividad neuromuscular a partir de la aplicación de un programa de fuerza en los deportistas de selección Colombia de arco recurvo.**

Pereira, 17 de agosto de 2010.

YO, \_\_\_\_\_, como acudiente de \_\_\_\_\_, una vez informado sobre los propósitos, objetivos y procedimientos de la intervención que se llevarán a cabo durante esta investigación, conociendo los posibles riesgos que se pueden generar a partir de ella, autorizo al profesional ANDRÉS FELIPE MARÍN VILLADA, estudiante de la Universidad Autónoma de Manizales, del programa de Maestría en Intervención Integral En El Deportista, para la realización de las siguientes procedimientos:

1. Valoración de la talla y el peso de los deportistas.
2. Valoración, por medio de una ecografía, del estado tendinoso de los músculos que priman el disparo antes y después de un plan de fuerza.
3. Valorar por medio del software *Globus Ergo sistem* la fuerza isométrica de los deportistas antes y después de un programa de fuerza.
4. Valorar, por medio de una electromiografía, los cambios que puede ejercer el programa de fuerza en situaciones de disparo sobre la actividad neuromuscular.
5. Participar en el desarrollo de un programa de entrenamiento de la fuerza durante tres meses.

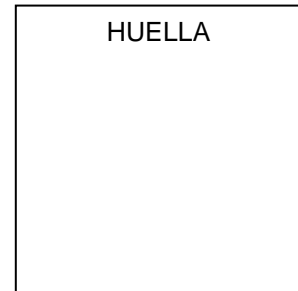
**Adicionalmente se me informó que:**

- La participación es completamente libre y voluntaria, y en cualquier momento, el investigado tendrá la libertad de retirarse de ella si así lo desea.

- No se recibirá beneficio personal de ninguna clase por la participación en este proyecto de investigación. Sin embargo, se espera que los resultados obtenidos permitan mejorar los procesos de evaluación y de intervención.
- Toda la información obtenida y los resultados de la investigación serán tratados confidencialmente. Esta información será archivada en papel y medio electrónico. El archivo del estudio se guardará en la Universidad Autónoma de Manizales bajo la responsabilidad de los investigadores.
- Puesto que toda la información en este proyecto de investigación es anónima, los datos personales no pueden estar disponibles para terceras personas (empleadores, organizaciones gubernamentales, compañías de seguros u otras instituciones educativas).

Hago constar que el presente documento ha sido leído y entendido por mí en su integridad, de manera libre y espontánea.

\_\_\_\_\_  
Firma  
CC No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_



## ANEXO 2. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

COMPORTAMIENTO DE LA ACTIVIDAD NEUROMUSCULAR A PARTIR DE LA APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE FUERZA EN LOS DEPORTISTAS DE SELECCIÓN COLOMBIA DE ARCO RECURVO

Nombre \_\_\_\_\_

Edad \_\_\_\_\_ Edad deportiva \_\_\_\_\_ Talla \_\_\_\_\_

Peso \_\_\_\_\_ IMC \_\_\_\_\_

Especificaciones del arco: \_\_\_\_\_

Libras de manejo: \_\_\_\_\_ Empuñadura \_\_\_\_\_ Hojas \_\_\_\_\_

Cuerda \_\_\_\_\_ Estabilizador Central \_\_\_\_\_

Estabilizadores Laterales \_\_\_\_\_ extensión \_\_\_\_\_

V-var \_\_\_\_\_ Damper \_\_\_\_\_ Mira \_\_\_\_\_

Botón de presión \_\_\_\_\_

Ecografía:

Valoración 1 \_\_\_\_\_

Valoración 2 \_\_\_\_\_

Electromiografía:

Valoración 1 \_\_\_\_\_

Valoración 2 \_\_\_\_\_

Valoración de la fuerza:

MÚSCULOS	FUERZA MÁXIMA	RANGO DE FUERZA	EVALUACIÓN	FECHA
Deltoides medio				
Romboides				
Latísimo del dorso				
trapecio				
pecho				

Observaciones:

---

---

---

---

---

**ANEXO 3. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA, MÉTODO PROGRESIVO ESCALONADO, MEDIO GRAVITACIONAL.**

Planificación general por grupos musculares							
Músculos/Día	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
Pecho	X						Descanso
Bíceps		x					Descanso
Tríceps	x			x			Descanso
Hombro		X			X		Descanso
Trapezio		x			X		Descanso
Espalda	X			x			Descanso
Romboides			x			X	Descanso
Antebrazo			X			x	Descanso
Abdomen y lumbares	X		X		X		Descanso
Muslo y pierna						X	Descanso

**Mesociclo entrante adaptación a la carga**

MICRO 1	MES							
	17	18	19	20	21	22	23	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS	20		10		30		Descanso	<b>60</b>
PREP. FÍSICA TIEMPO EN MINUTOS			30			60	Descanso	<b>90</b>
FUERZA %	4x12-50%	4x12-60%	4x12-60%	4x12-60%	4x12-50%	4x12-50%	Descanso	<b>3</b>
ELASTICIDAD GMT	Activo 20"	Activo 20"	Activo 20"	Activo 20"	Activo 20"	Activo 20"		<b>0</b>

MICRO 2	MES							
	24	25	26	27	28	29	30	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS	20		10		30		Descanso	<b>60</b>
EVALUACIÓN CONTROL (ECA)			Control	Control	Control	Control	Descanso	<b>0</b>
FUERZA %	2X12- 60%2X10- 70% 2X8 80%	2X12- 60%2X10- 70% 2X8 80%	2X12- 60%2X10- 70% 2X8 80%				Descanso	<b>0</b>
ELASTICIDAD	Activo 20"	Pasivo FNP 20"	Activo 20	Pasivo FNP 20"	Activo 20	Pasivo FNP 20"		<b>0</b>

## MESOCICLO BÁSICO DESARROLLADOR, FUERZA ESPECÍFICA

MICRO 4	MES							
	7	8	9	10	11	12	13	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS	20	20	10	30	30		Descanso	110
PREP FIS TIEMPO EN MINUTOS		20	30			30	Descanso	80
FUERZA %	50% 2x12/ 60%2x8/ 70%2x6	50% 2x12/ 60%2x8/ 70%2x6	60% 2x10 /70%2x8/ 80%2x6	60% 2x10 /70%2x8/ 80%2x6	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	Descanso	0
ELASTICIDAD	Activo 20"	Pasivo FNP 30"	Activo 20"	Pasivo FNP 30"	Activo 20"	Activo 20"	Activo	0

MICRO 3	MES							
	31	1	2	3	4	5	6	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS	20	20	10	30	30	Control	Descanso	110
PREP.FIS.TIEMPO EN MINUTOS		20	30			Control	Descanso	50
FUERZA % 4 S x 12 R	50% isométrico x 10 seg	50% isométrico x 10 seg	60% isométrico x 10 seg	50% isométrico x 10 seg	60% isométrico x 10 seg	Control	Descanso	0
ELASTICIDAD	Activo	Pasivo	activo	Pasivo	Activo	Activo	Activo	0

MICRO 5	MES							
	14	15	16	17	18	19	20	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS	15		15		10		Descanso	<b>40</b>
PREP FÍSICA TIEMPO EN MINUTOS		10		10		10	Descanso	<b>30</b>
FUERZA % GENERAL	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	Descanso	<b>0</b>
ELASTICIDAD	Activo 20"	Activo 20"	Pasivo FNP 30"	Activo 20"	Activo 20"	Activo 20"		<b>0</b>

MICRO 6	MES								
	DIA	21	22	23	24	25	26	27	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS	15		15			10		Descanso	<b>40</b>
PREP FÍSICA TIEMPO EN MINUTOS		10			10		10	Descanso	<b>30</b>
FUERZA % GENERAL	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	Descanso	<b>0</b>
ELASTICIDAD	Activo 20"	Activo 20"	Pasivo FNP 30"	Activo 20"	Activo 20"	Activo 20"	Activo 20"		<b>0</b>

MICRO 7	MES							
	22	29	30	1	2	3	4	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS	15		15		10		Descanso	<b>40</b>
PREP FÍSICA TIEMPO EN MINUTOS		10		10		10	Descanso	<b>30</b>
FUERZA % GENERAL	70% 2x10 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x10 /80%2x6/ 90%2x4	75% 2x8 /85%2x6/ 95%2x4	75% 2x8 /85%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 100%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 100%2x3	Descanso	<b>0</b>
ELASTICIDAD	Activo 20"	Activo 20"	Pasivo FNP 30"	Activo 20"	Activo 20"	Activo 20"	Pasivo	<b>0</b>

## MESOCICLO DE APROXIMACIÓN A LA COMPETENCIA

MICRO 8	MES							
DIA	5	6	7	8	9	10	11	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS		20	20	30	30	20	Descanso	120
PREPARACION FÍSICA ESPECÍFICA TIEMPO EN MINUTOS	40		30		30	20	Descanso	120
FUERZA %		4x12 60%		4x12 60%			Descanso	1,2
ELASTICIDAD	Pasivo	Pasivo	Pasivo	Activo	Activo	Activo	Descanso	0

MICRO 9	MES							
DIA	12	13	14	15	16	17	18	total
COMPETENCIA CAMPEONATO PANAMERICANO MEXICO 2010			X	X	X	X	X	0
PREPARACIÓN ESPECÍFICA EN MINUTOS	20	20	20		15	15	Descanso	90
CONTROL					X		Descanso	0
ELASTICIDAD	Pasivo	Activo	Activo	Activo	Activo	Activo	Descanso	0

MICRO 10	MES								
	DIA	19	20	21	22	23	24	25	total
COMPETENCIA	X	X	X	Descanso	Descanso	Descanso	Descanso	Descanso	0
PREPARACION ESPECÍFICA EN MINUTOS	15	15	15			20	Descanso		110
CONTROL FÍSICO			X					Descanso	0
ELASTICIDAD	Pasivo	Dinámico	Dinámico	Dinámico	Dinámico	Dinámico	Dinámico	Descanso	0

## MESOCICLO DESARROLLADOR ESPECÍFICO 2

MICRO 11	MES								
	DIA	26	27	28	29	30	31	1	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS	15		15			10		Descanso	40
PREP FÍSICA TIEMPO EN MINUTOS		10			10		10	Descanso	30
FUERZA % GENERAL	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3		Descanso	0
ELASTICIDAD	Activo	Pasivo	activo	Pasivo	Activo			Pasivo	0

MICRO 11	MES								
	DIA	26	27	28	29	30	31	1	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS	15		15			10		Descanso	40
PREP FÍSICA TIEMPO EN MINUTOS		10			10		10	Descanso	30
FUERZA % GENERAL	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3		Descanso	0
ELASTICIDAD	Activo	Pasivo	activo	Pasivo	Activo			Pasivo	0

MICRO 12	MES							
	2	3	4	5	6	7	8	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS	15		15		10		Descanso	<b>40</b>
PREP FÍSICA TIEMPO EN MINUTOS		10		10		10	Descanso	<b>30</b>
FUERZA % GENERAL	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x8 /80%2x6/ 90%2x4	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 95%2x3	Descanso	<b>0</b>
ELASTICIDAD	Activo	Pasivo	activo	Pasivo	Activo		Pasivo	<b>0</b>

MICRO 13	MES							
	9	10	11	12	13	14	15	total
ATLETISMO TIEMPO EN MINUTOS	15		15		10		Descanso	40
PREP FÍSICA TIEMPO EN MINUTOS		10		10		10	Descanso	30
FUERZA % GENERAL	70% 2x10 /80%2x6/ 90%2x4	70% 2x10 /80%2x6/ 90%2x4	75% 2x8 /85%2x6/ 95%2x4	75% 2x8 /85%2x5/ 95%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 100%2x3	80% 2x8 /90%2x5/ 100%2x3	Descanso	0
ELASTICIDAD	Activo	Pasivo	activo	Pasivo	Activo		Pasivo	0

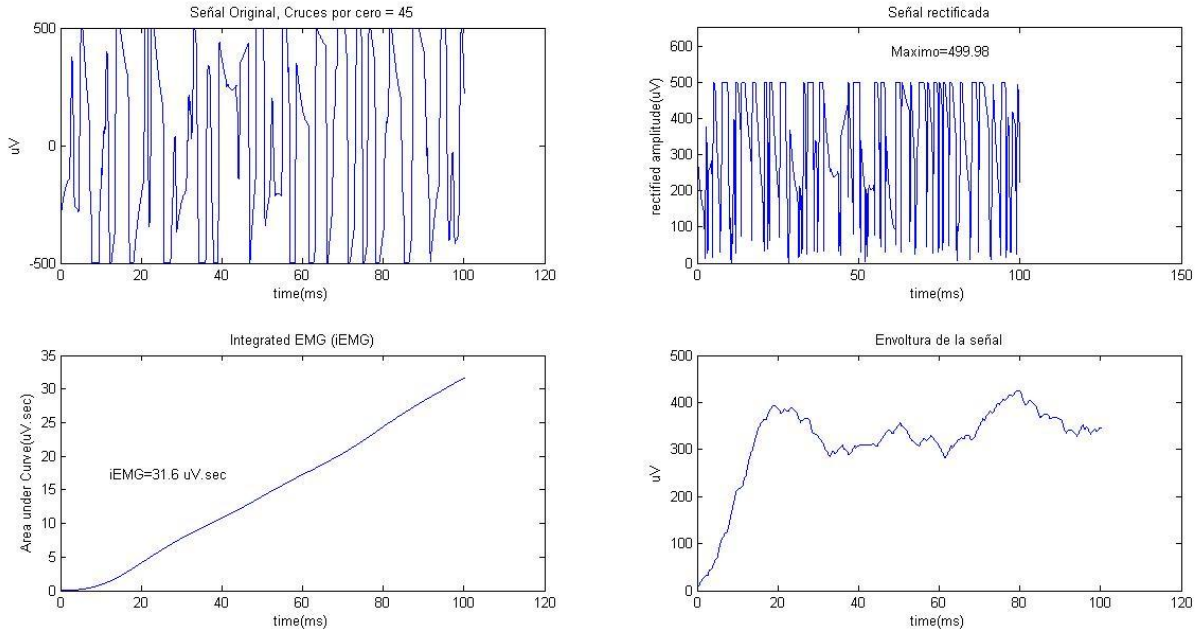
### CONTROLES

MICRO 14	MES							
	16	17	18	19	20	21	22	total
CONTROL ECOGRAFIA				X	X			0
CONTROL FUERZA	X	X	X					0
ELECTROMIOGRAFIA						X	X	0

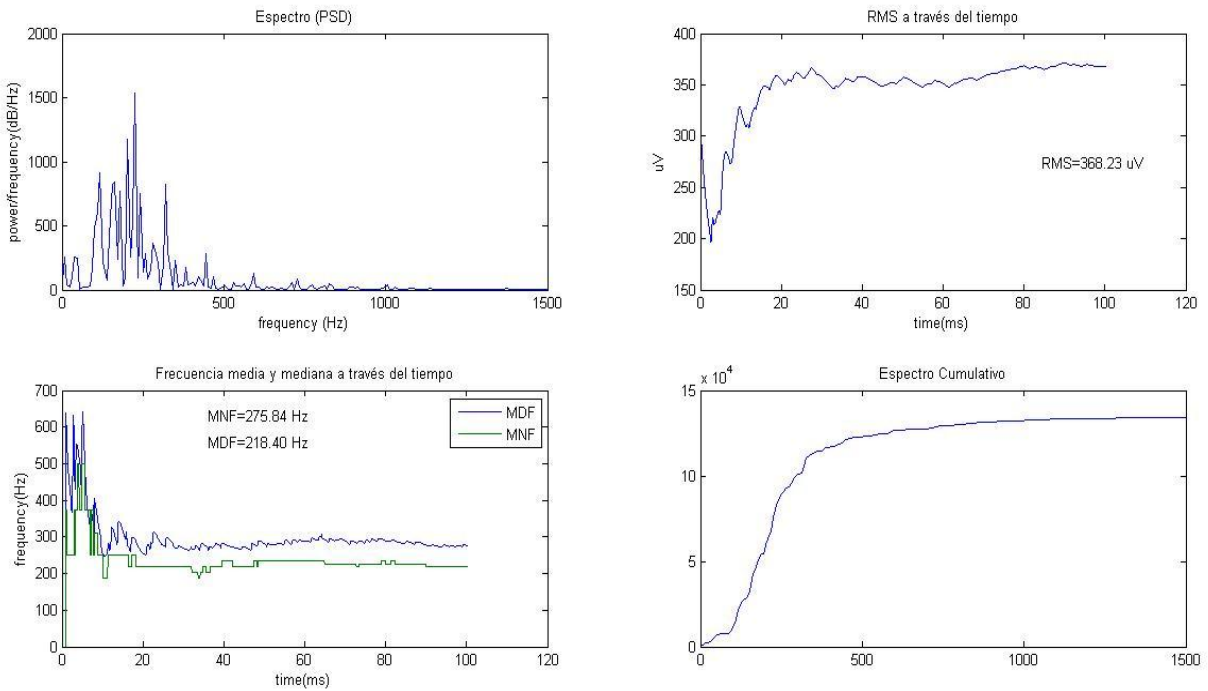
MICRO 15	MES								
	DIA	22	23	24	25	26	27	28	total
PREPARACION FÍSICA GENERAL	X	X	X	X	X	X			0
CONTROL FUERZA								Descanso	0
ELECTROMIOGRAFÍA								Descanso	0

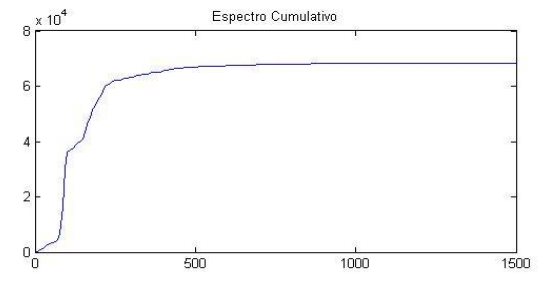
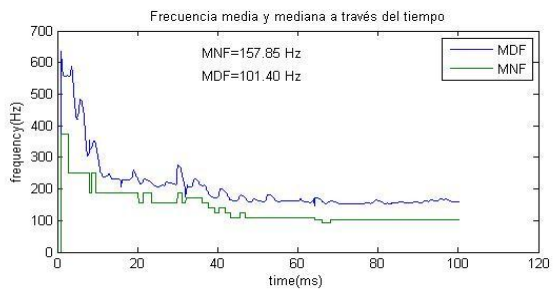
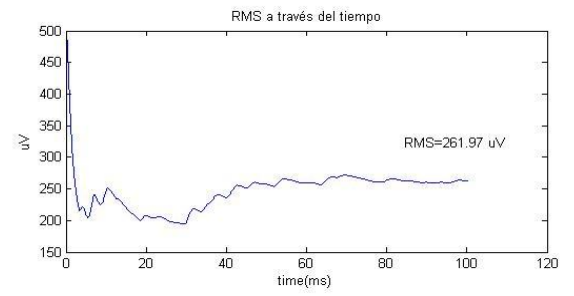
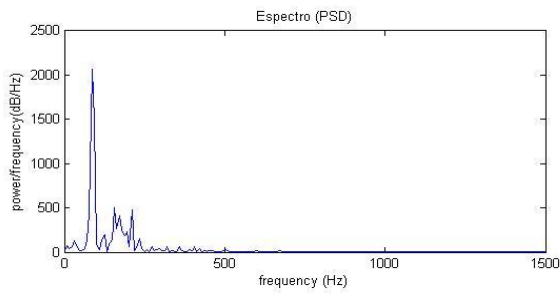
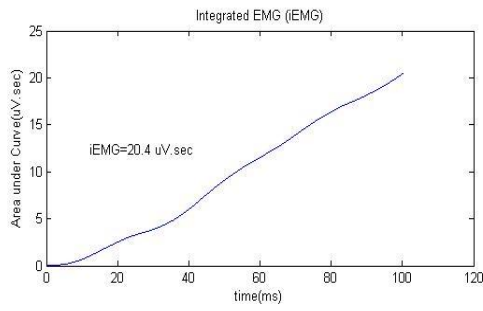
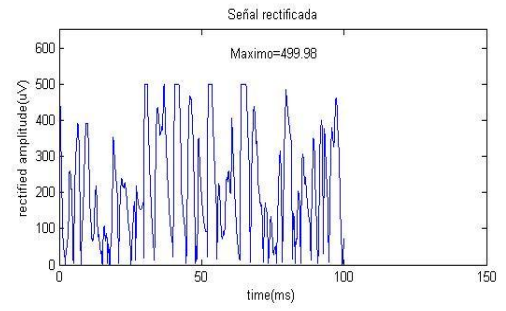
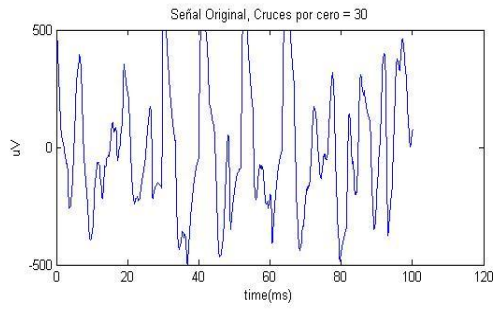
### ANEXO 4. LECTURA DE ELECTROMIOGRAFIAS POR MEDIO DEL PROGRAMA MAT-LAP

Pre Test. Septiembre 12, 2010. Deltoides derecho. Deportista 1.

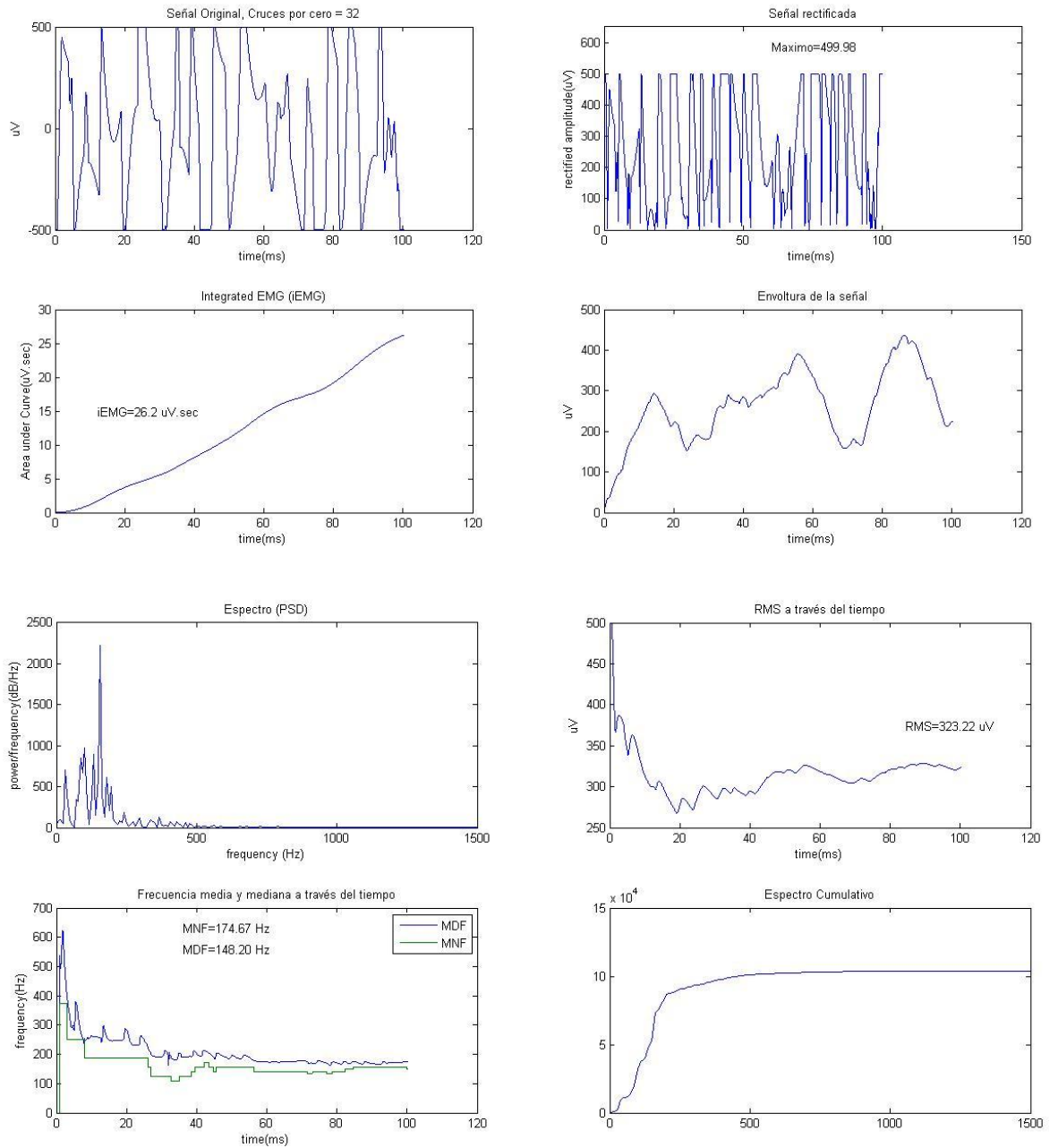


Post-test. Noviembre 25, 2010. Deltoides derecho. Deportista 1.

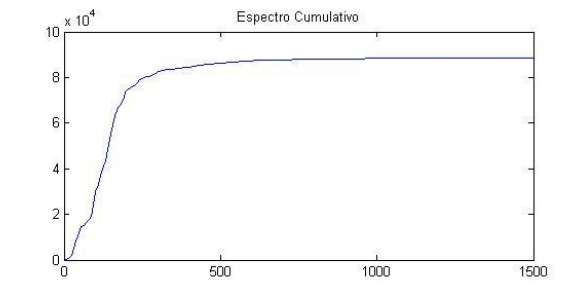
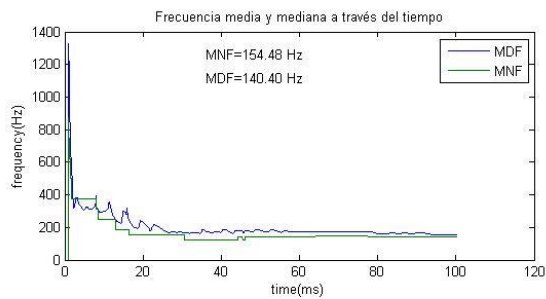
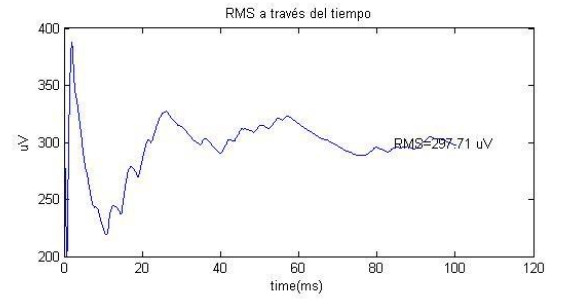
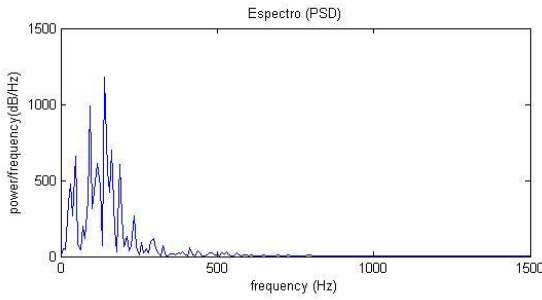
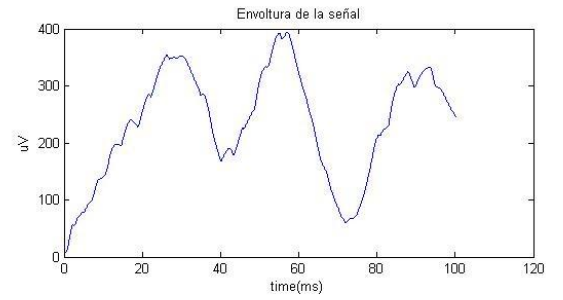
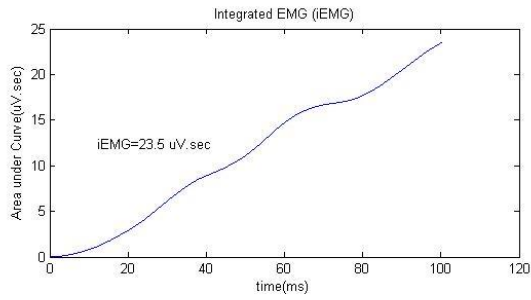
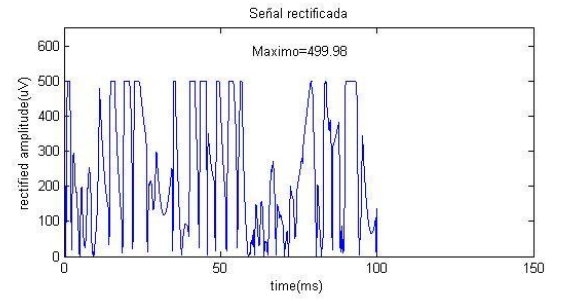
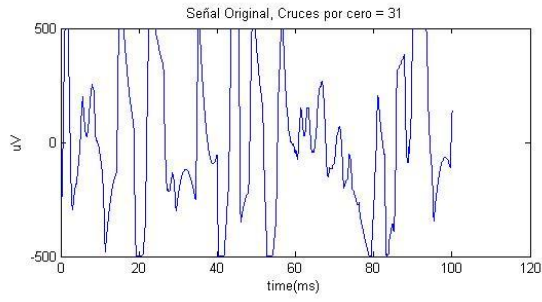




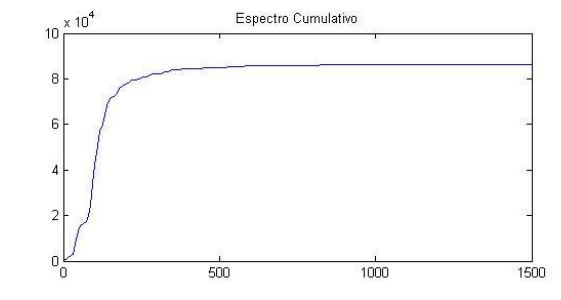
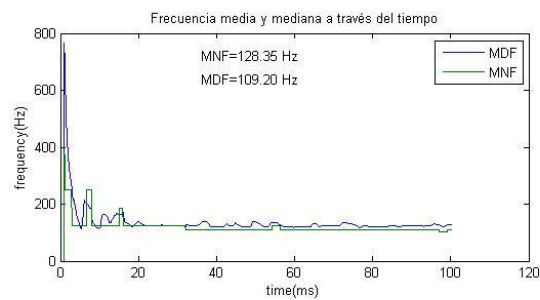
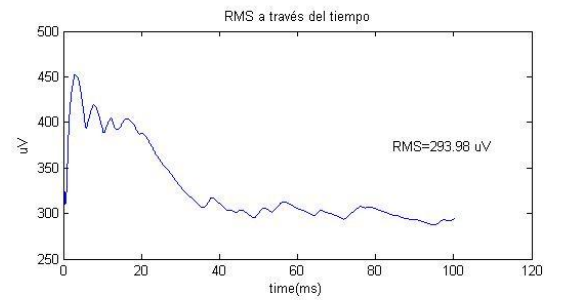
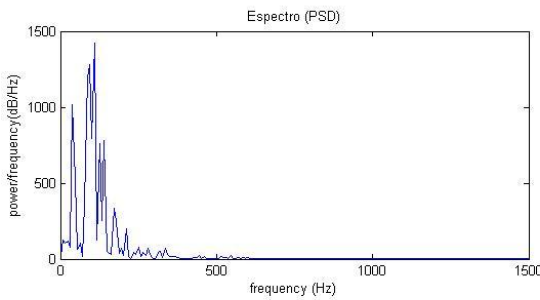
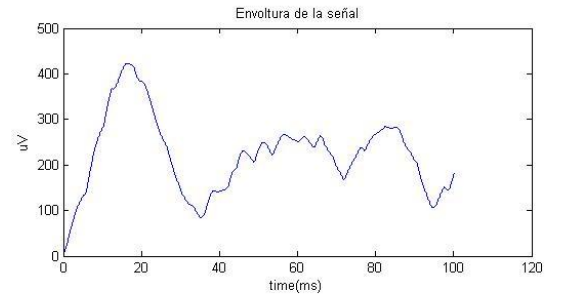
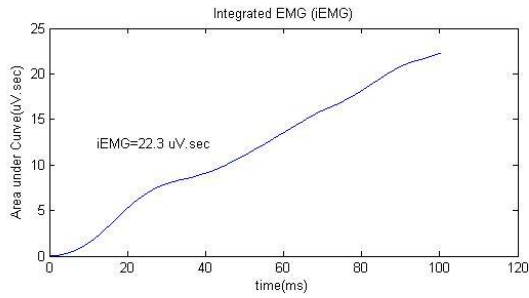
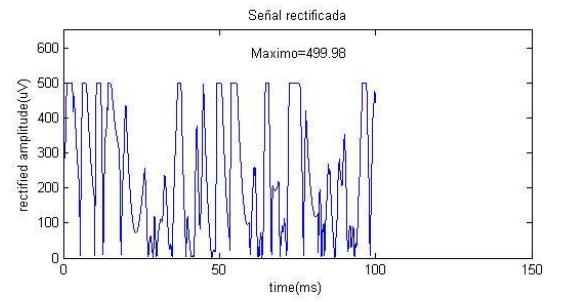
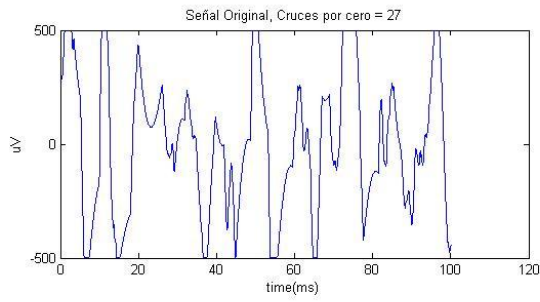
Pre test. Septiembre 12, 2010. Deltoides izquierdo, Deportista 1.



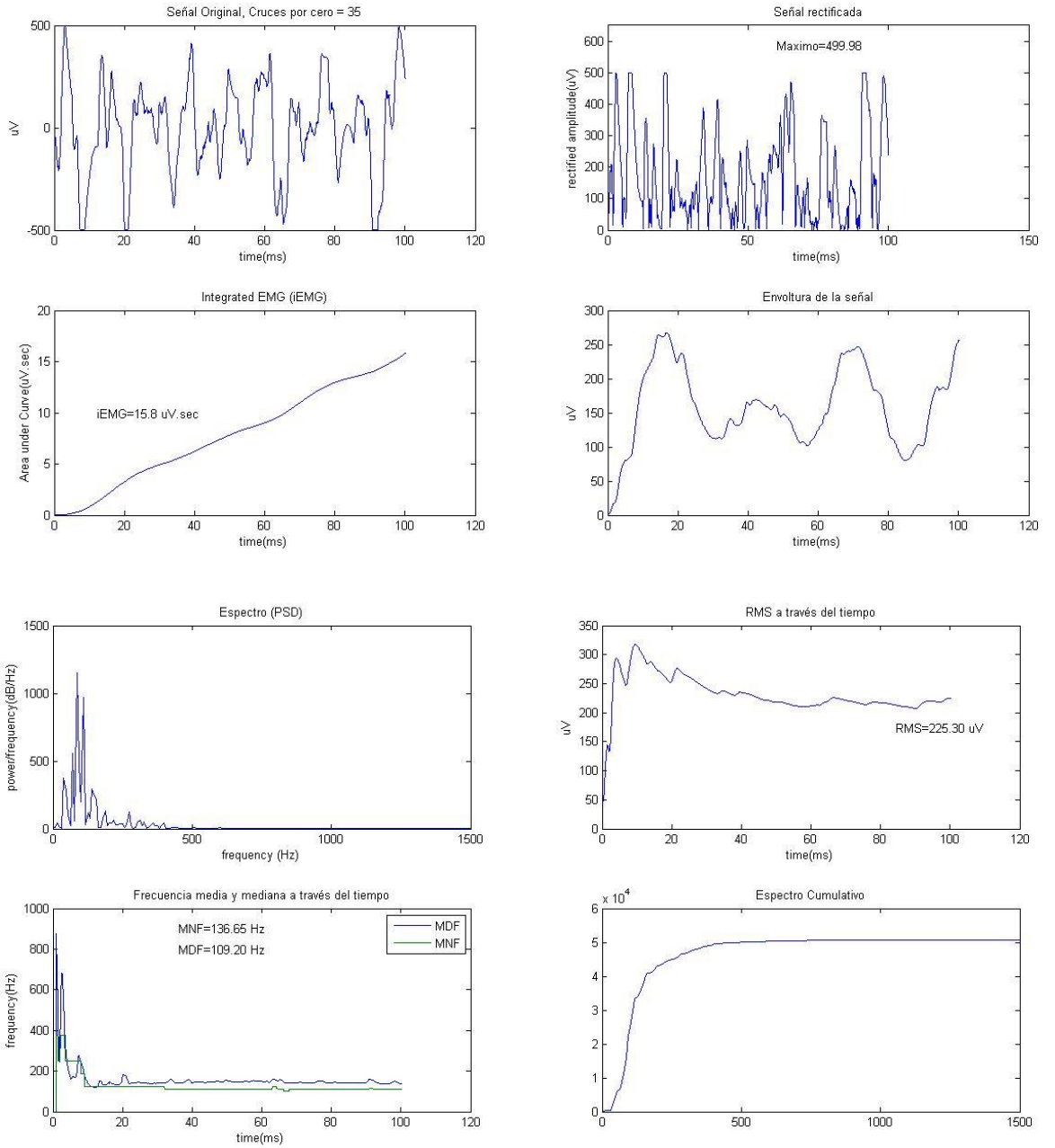
Post-test. Noviembre 25, 2010 Deltoides izquierdo, Deportista 1.



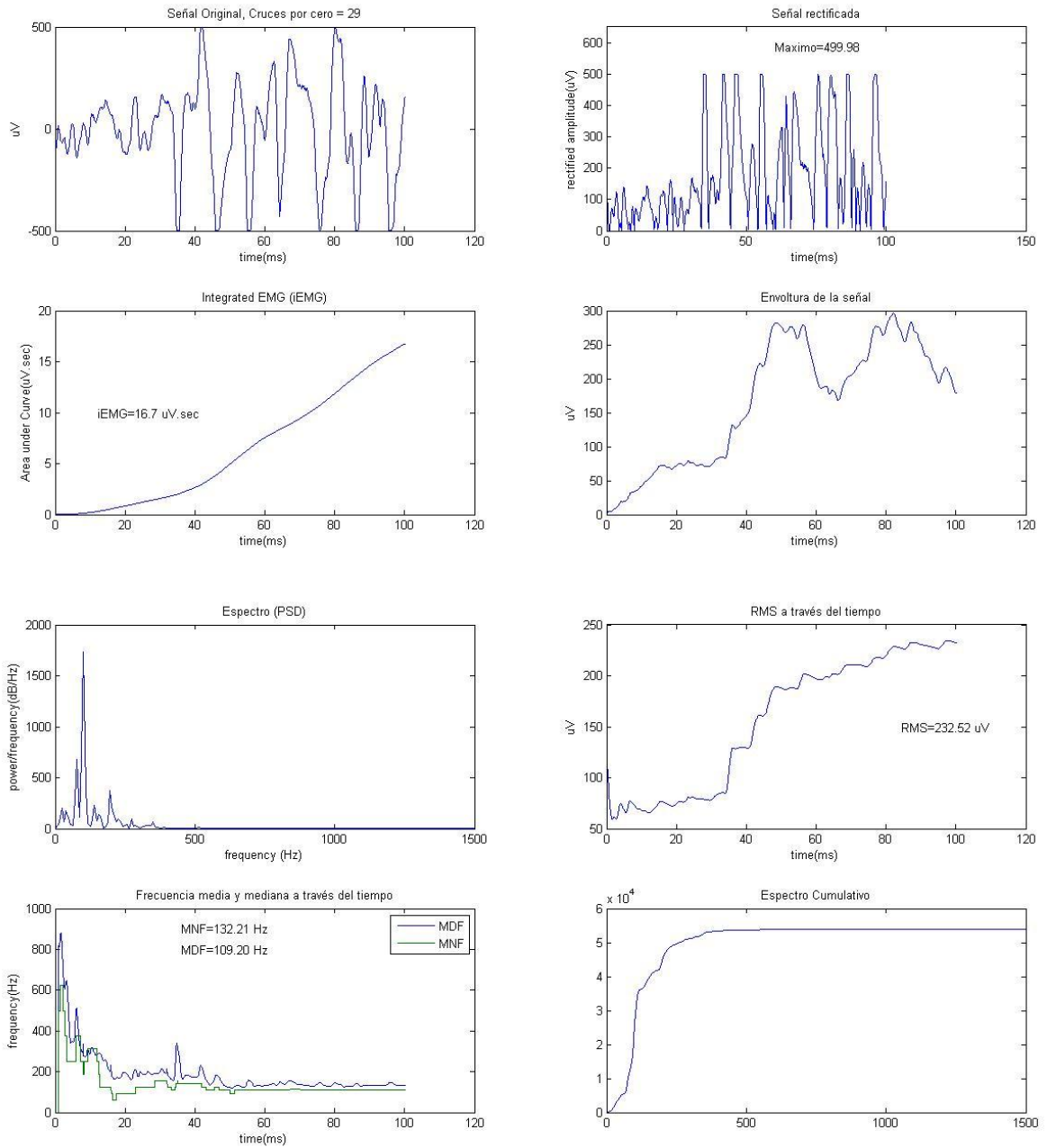
Pre test. Septiembre 12, 2010. Trapecio derecho. Deportista 1.



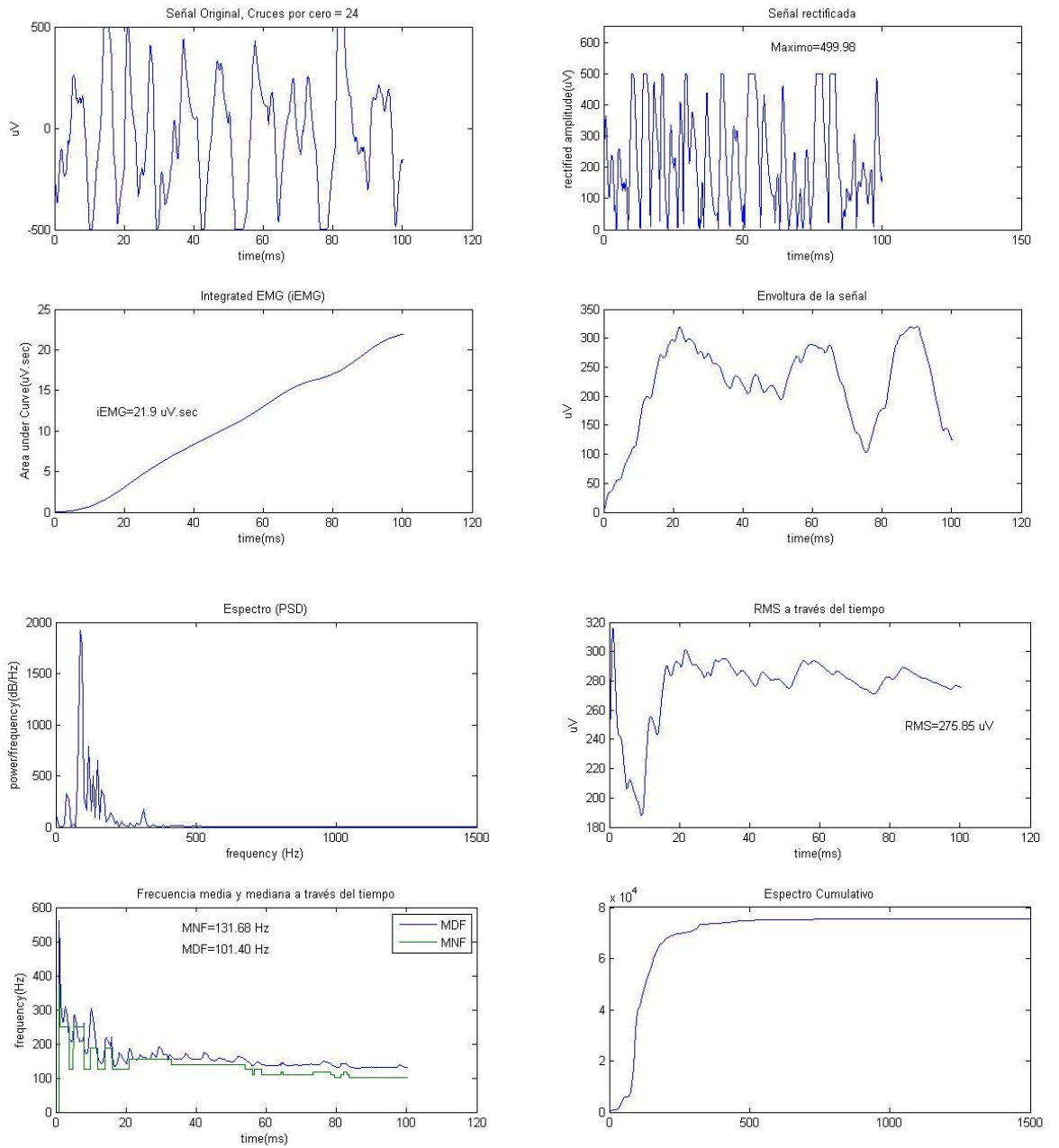
Post-test noviembre 25- 2010, trapecio derecho, deportista 1.



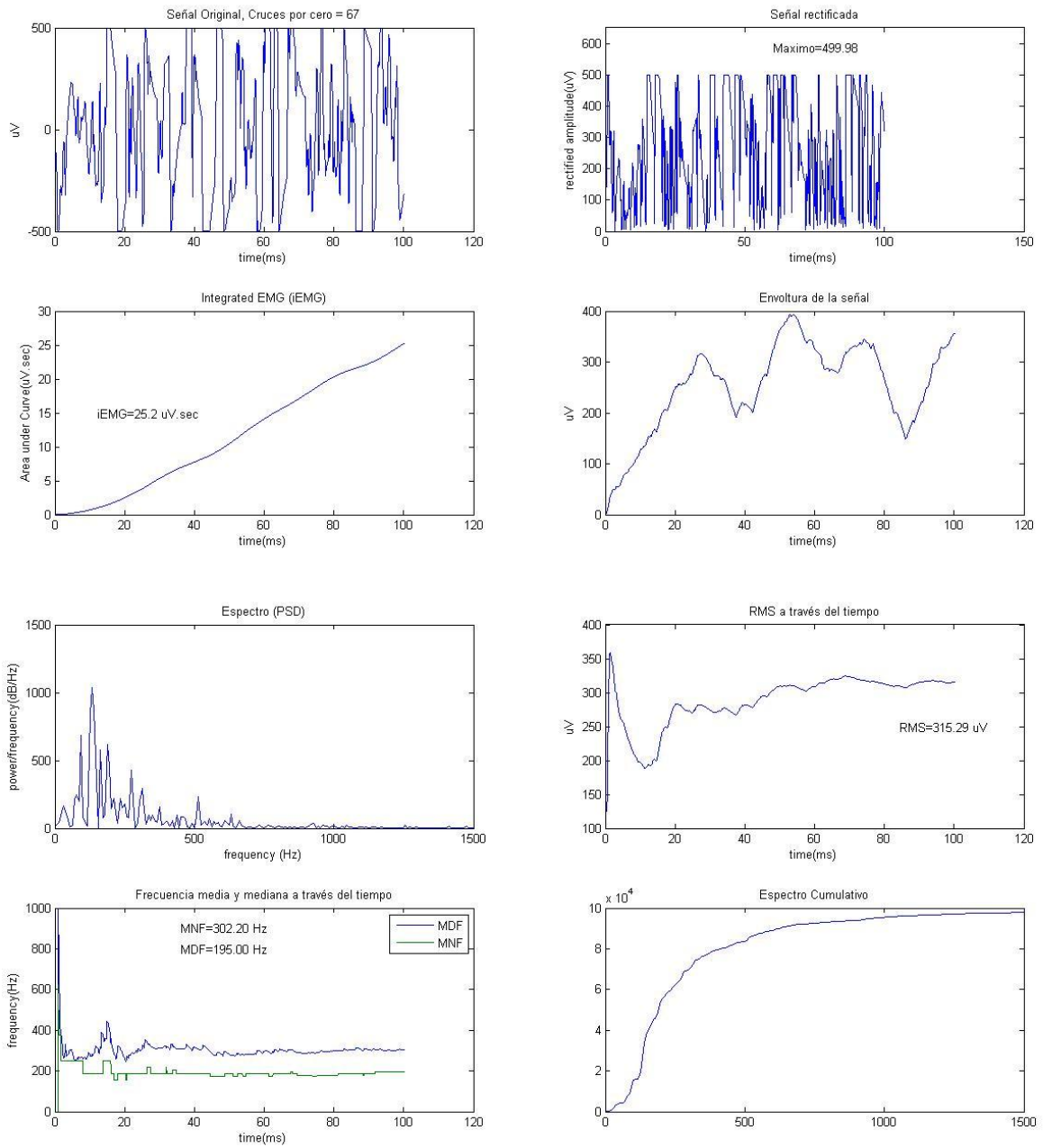
Pre test. Septiembre 12, 2010. Trapecio izquierdo. Deportista 1.



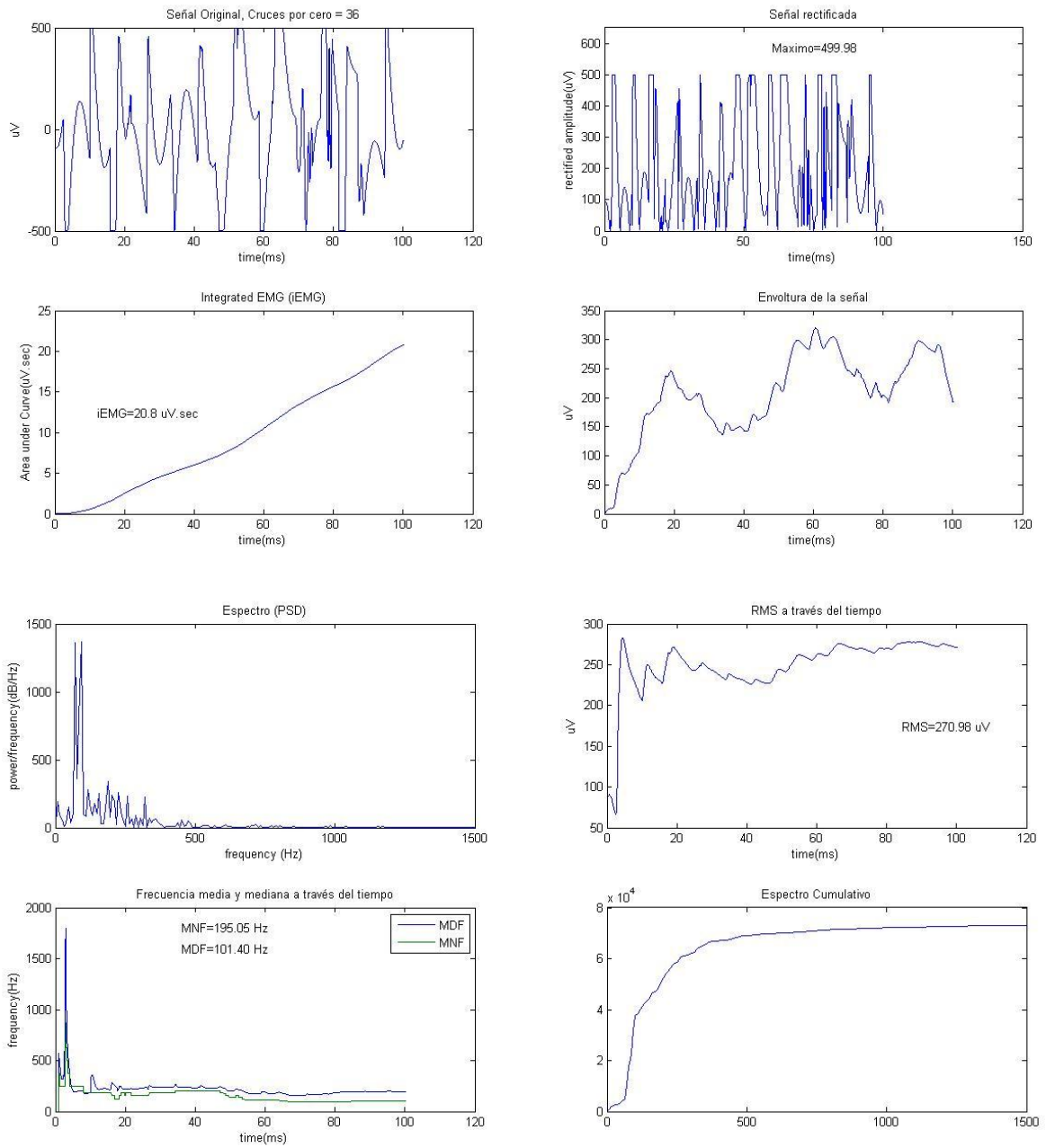
Post-test. Noviembre 25, 2010. Trapecio izquierdo. Deportista 1.



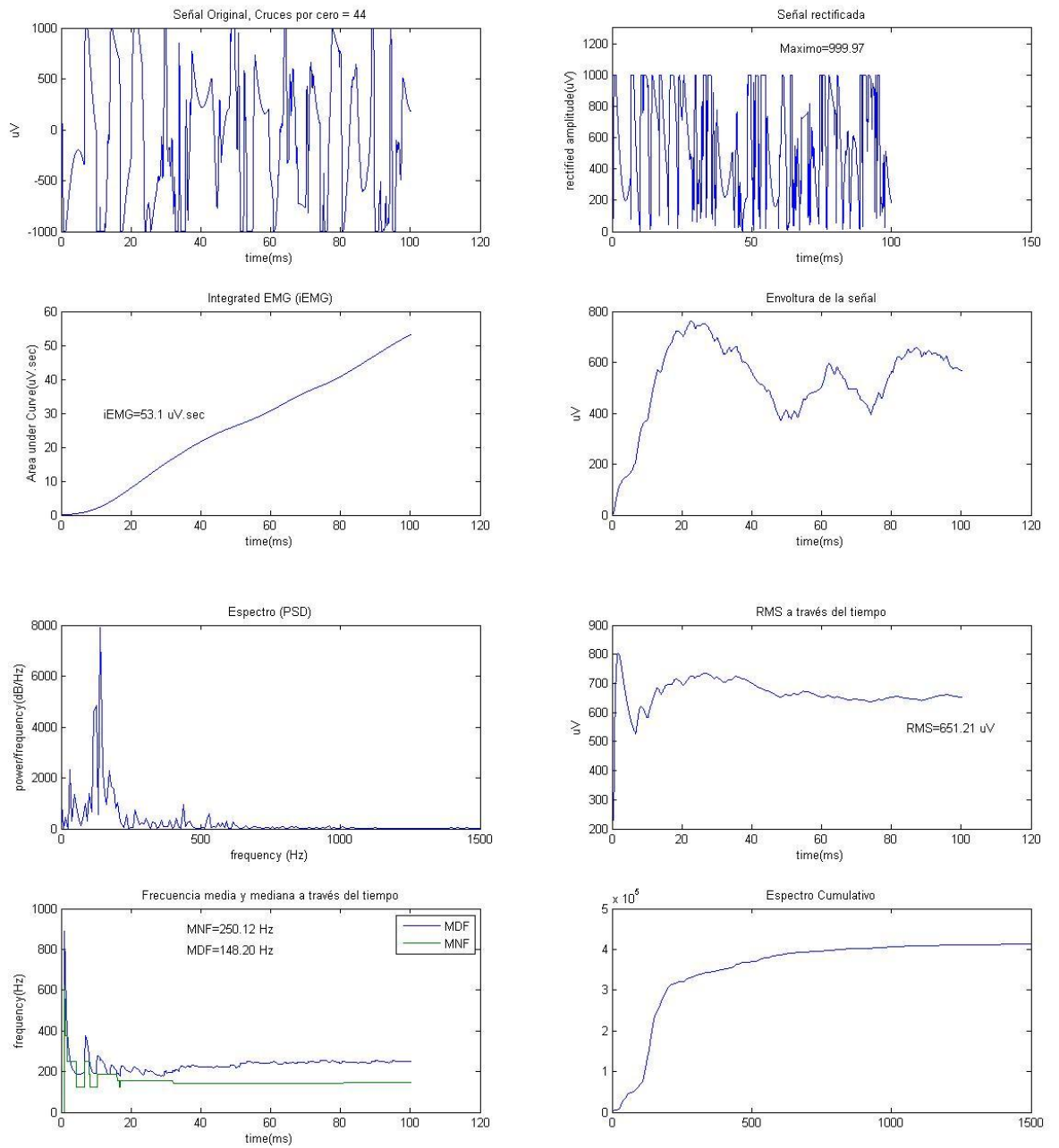
Pre test. Noviembre 25, 2010. Deltoides derecho. Deportista 2.



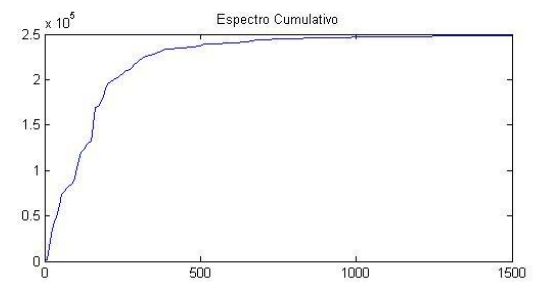
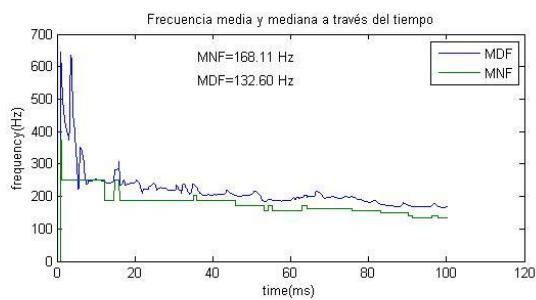
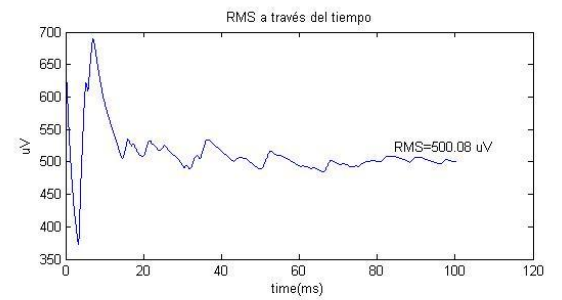
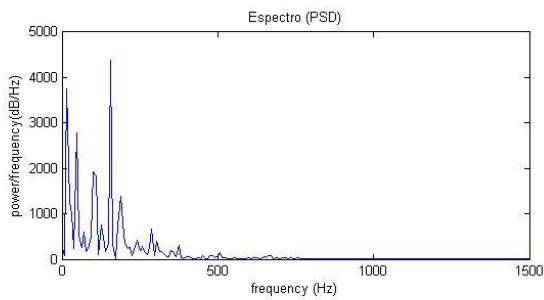
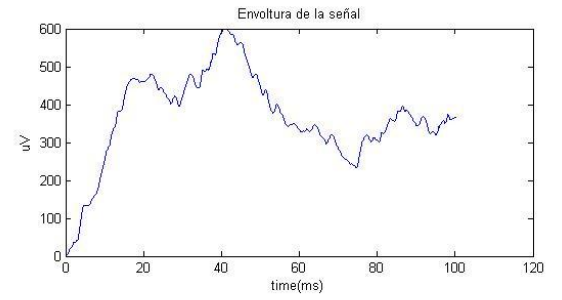
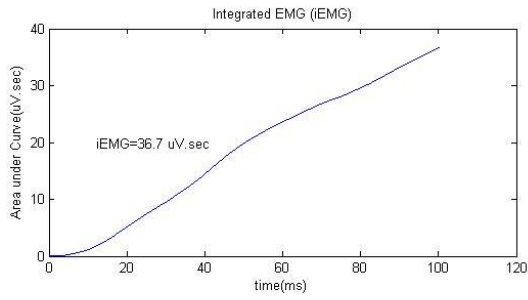
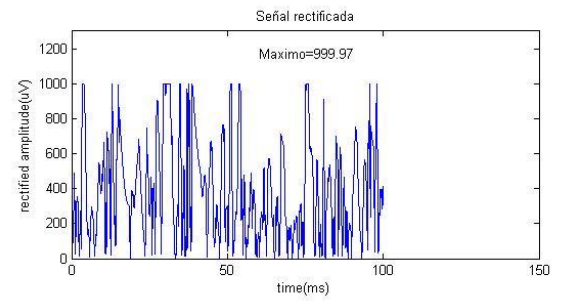
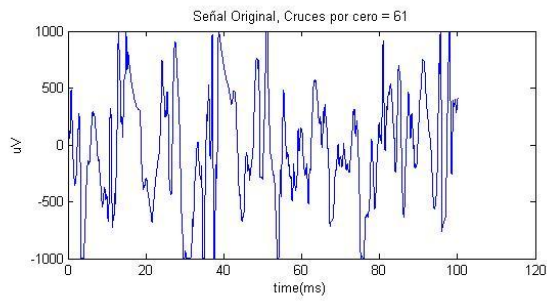
Post – test. Noviembre 25, 2010. Deltoides derecho. Deportista 2.



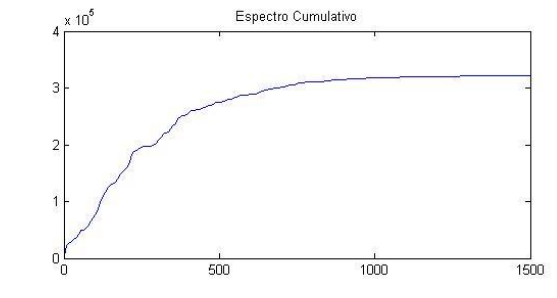
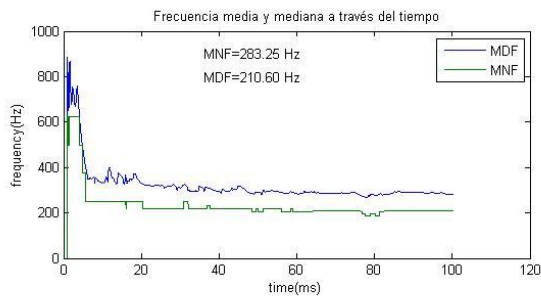
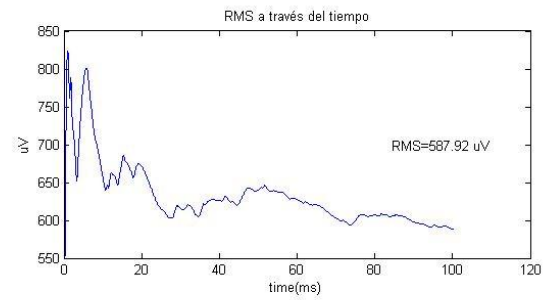
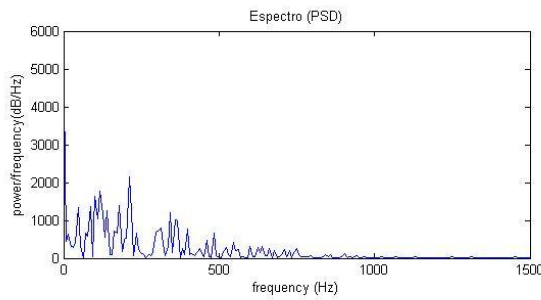
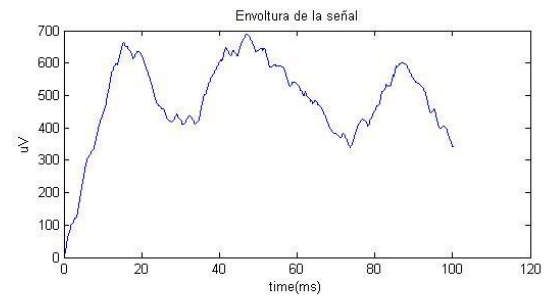
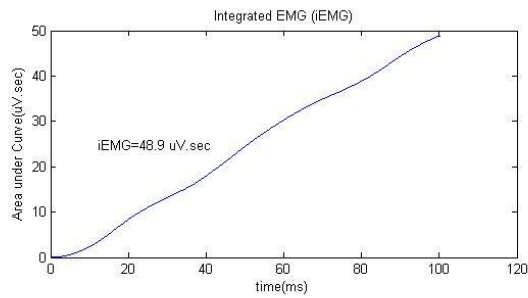
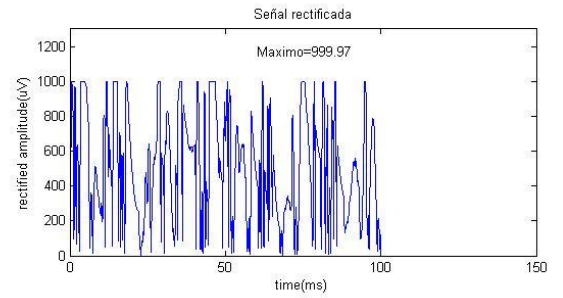
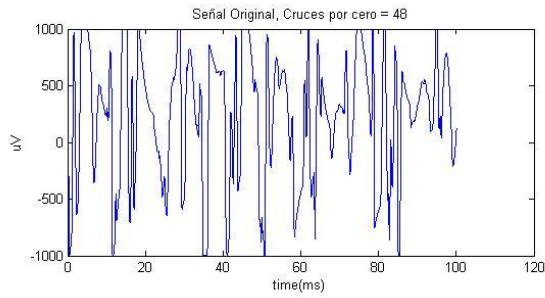
Pre test. Septiembre 12, 2010. Deltoides izquierdo, Deportista 2.



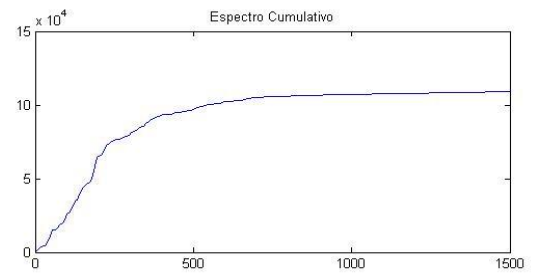
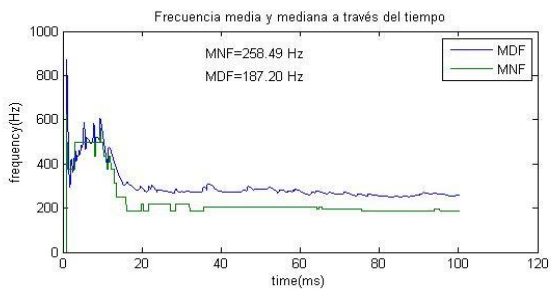
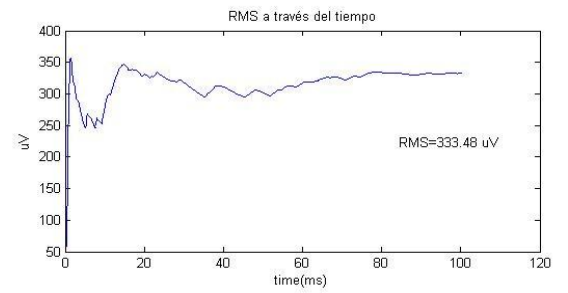
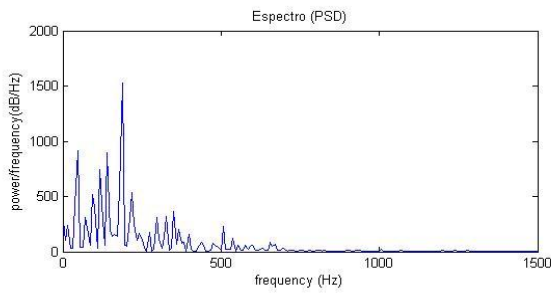
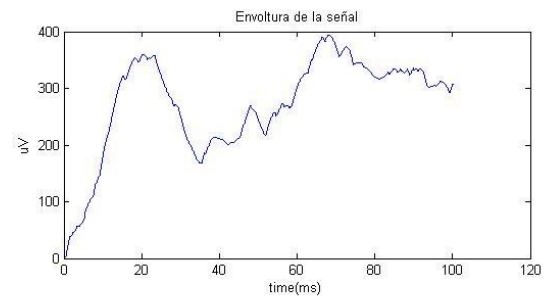
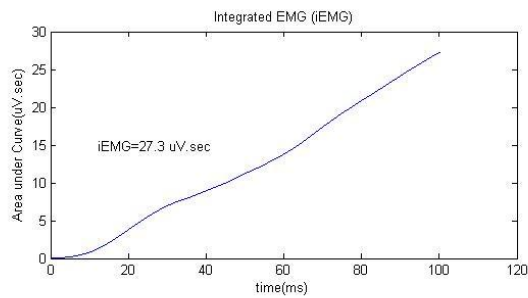
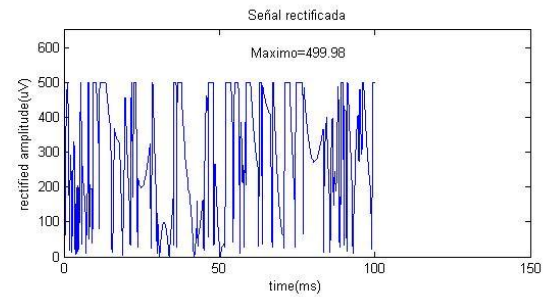
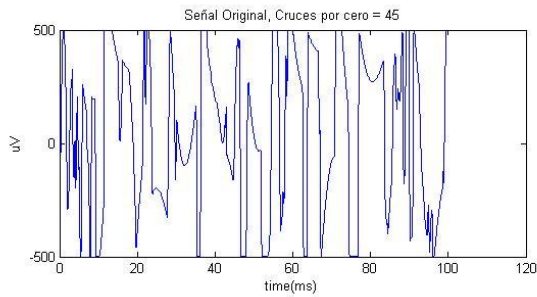
Post test. Noviembre 25, 2010. Deltoides izquierdo, Deportista 2.



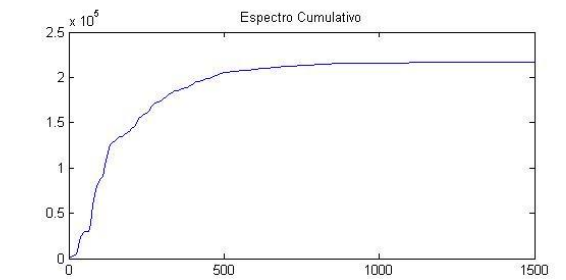
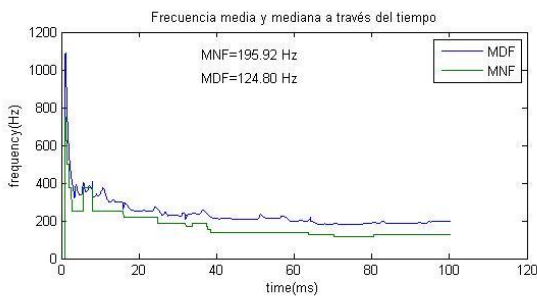
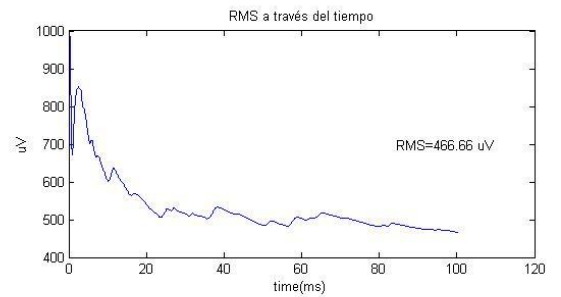
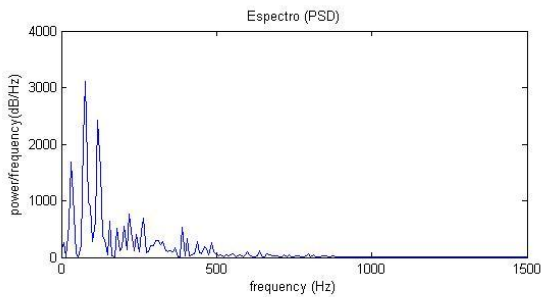
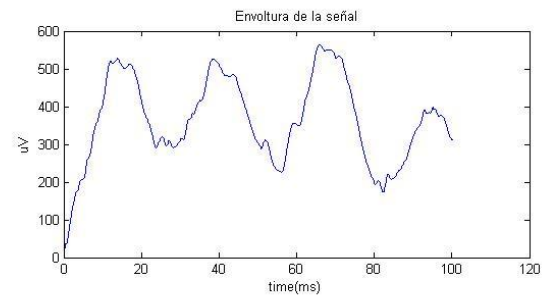
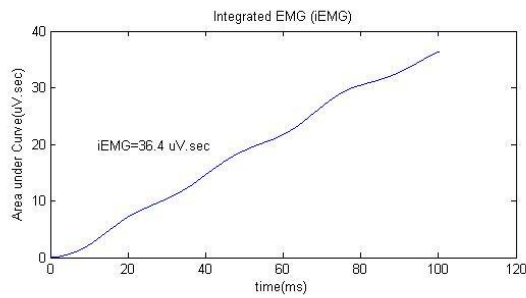
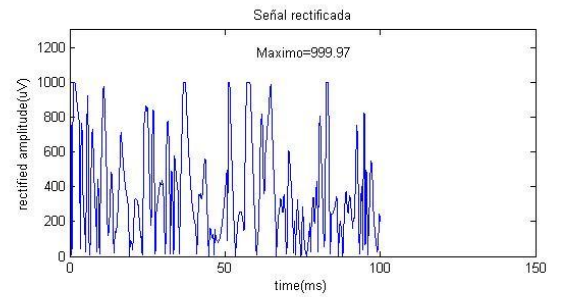
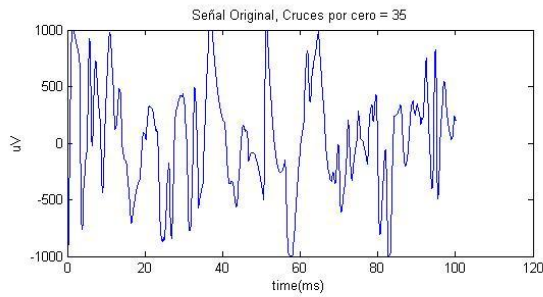
Pre test. Septiembre 12, 2010. Trapecio derecho. Deportista 2.



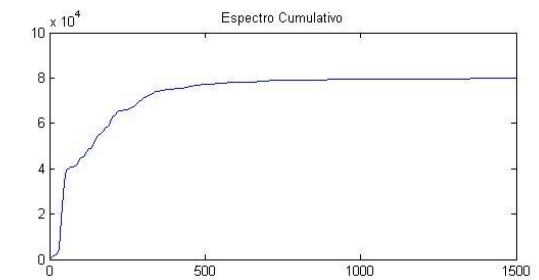
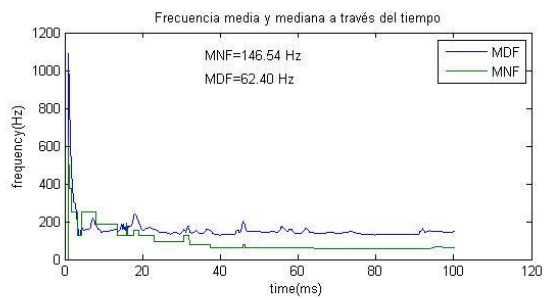
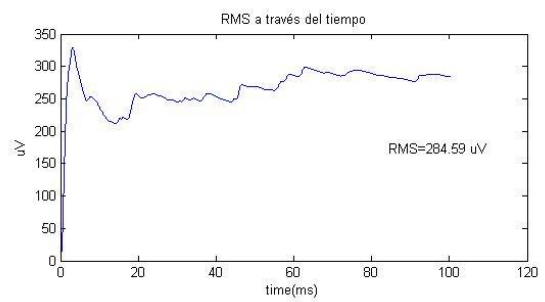
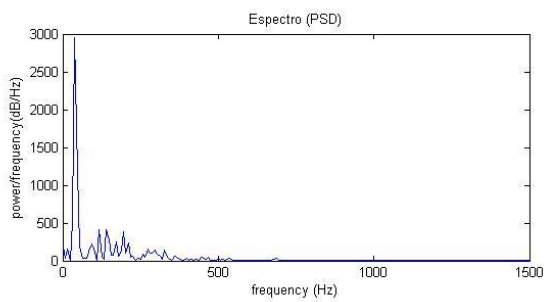
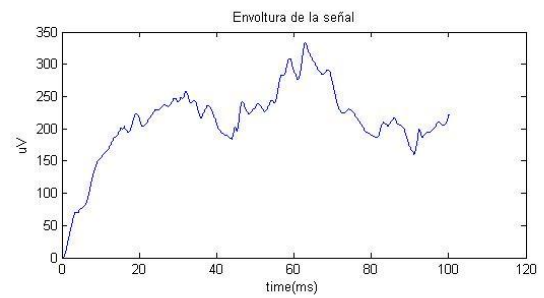
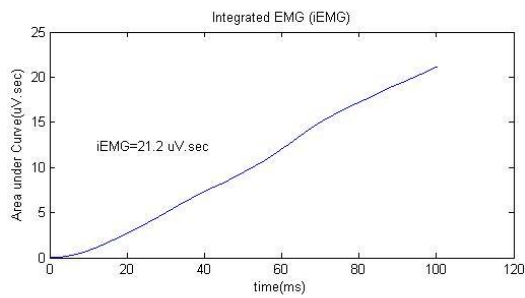
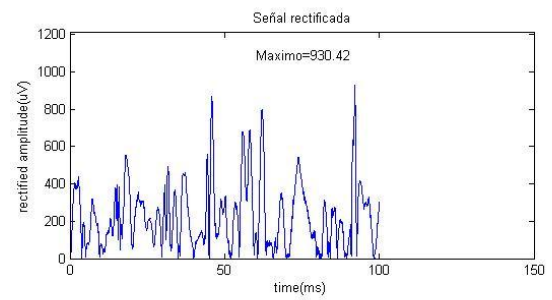
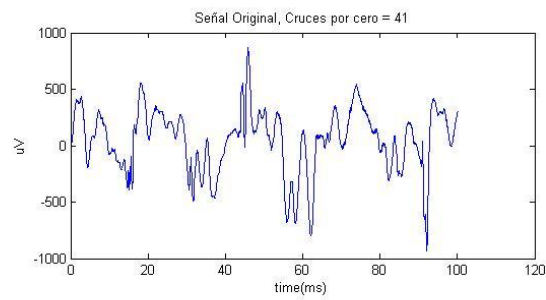
Post test. Noviembre 25, 2010. Trapecio derecho. Deportista 2.



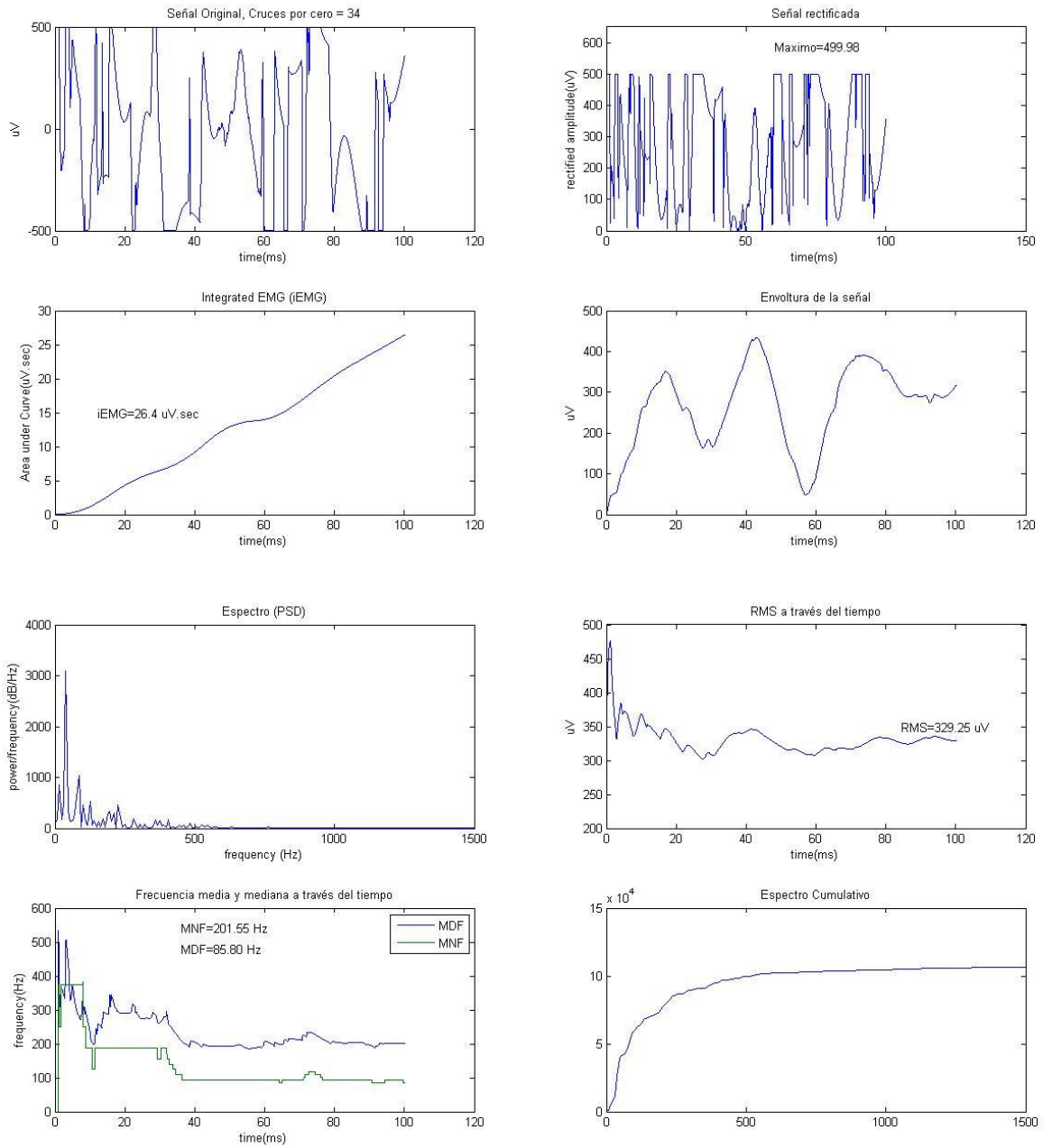
Pre test. Septiembre 12, 2010, Trapecio izquierdo, Deportista 2.



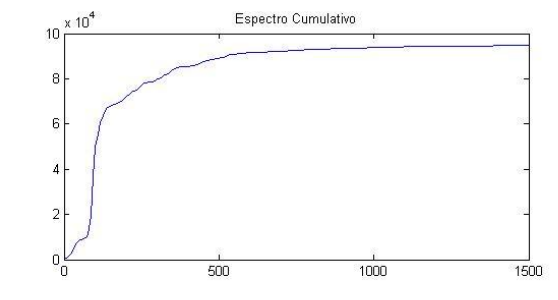
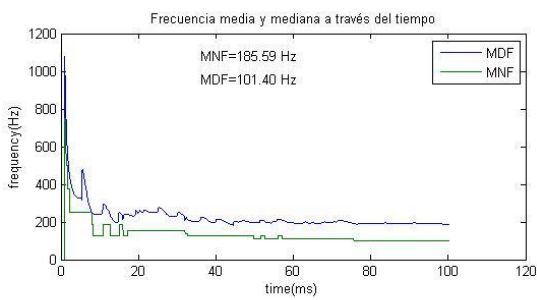
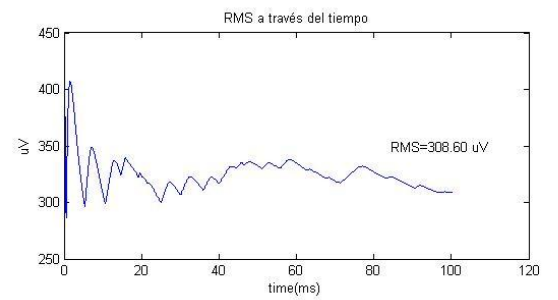
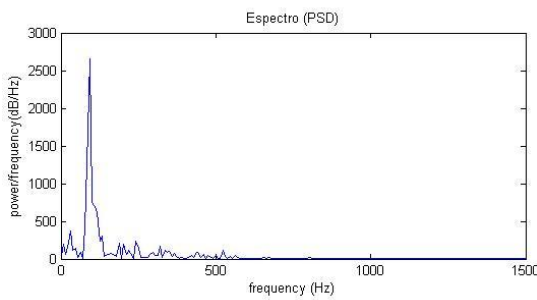
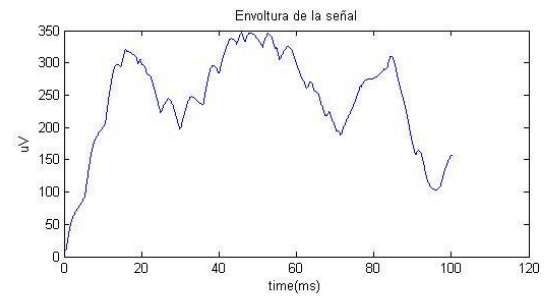
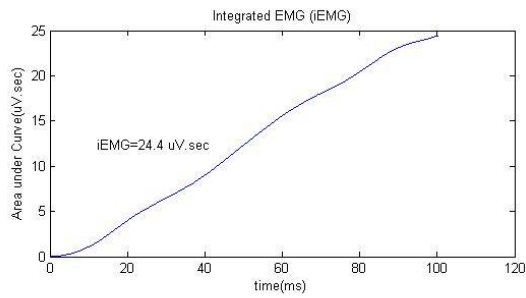
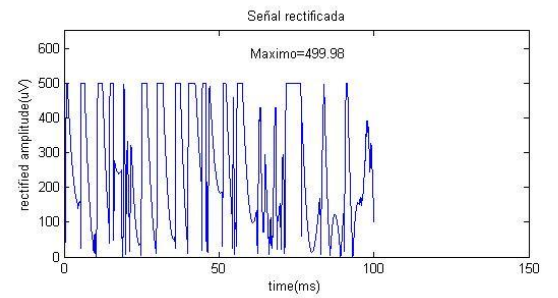
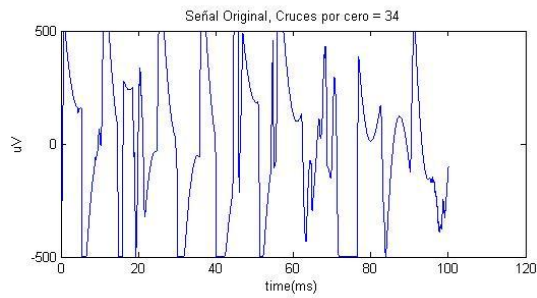
Post test. Noviembre 25, 2010. Trapecio izquierdo. Deportista 2.



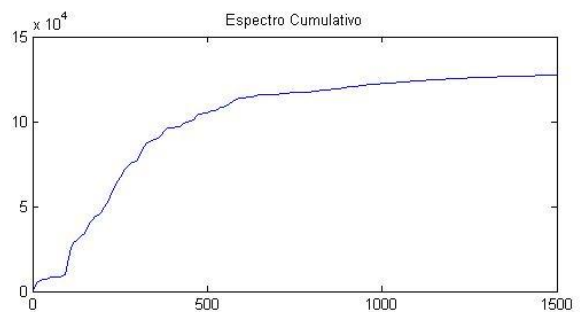
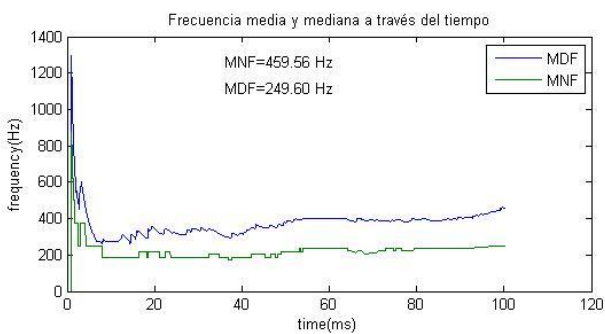
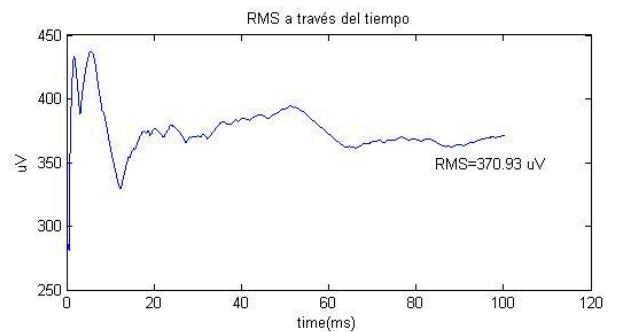
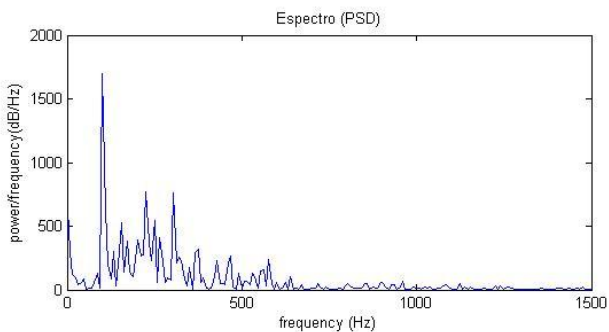
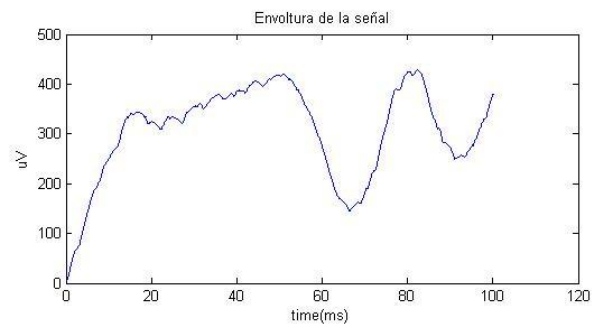
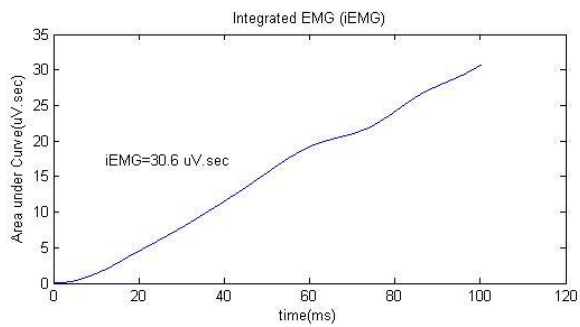
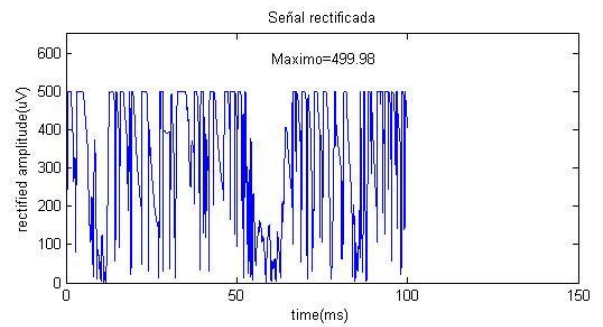
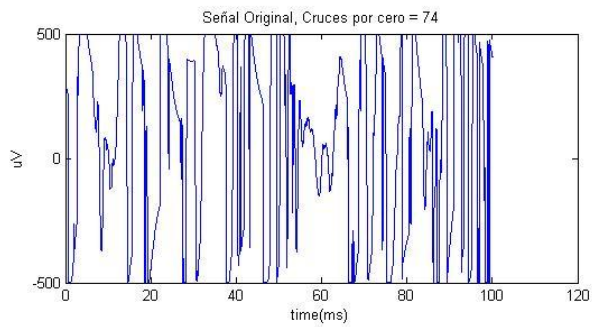
Pre test. Septiembre 12, 2010. Deltoides derecho. Deportista 3.



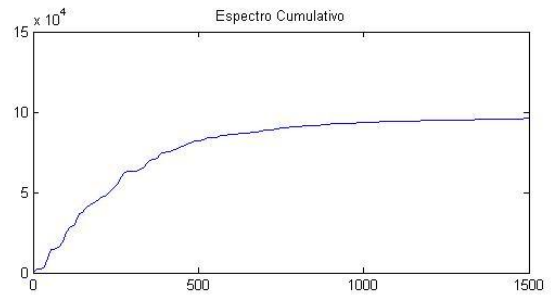
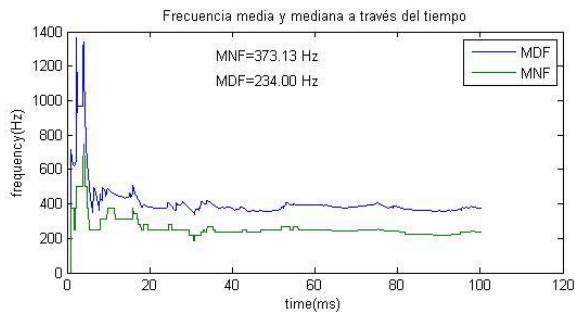
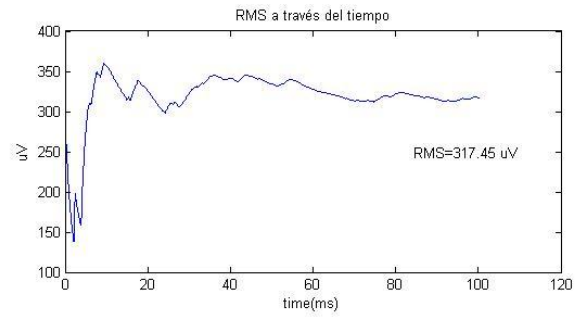
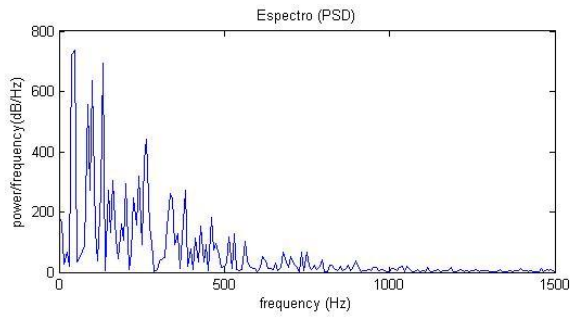
Post-test. Noviembre 25, 2010. Deltoides derecho. Deportista 3.



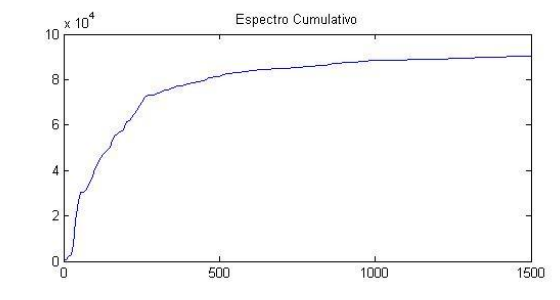
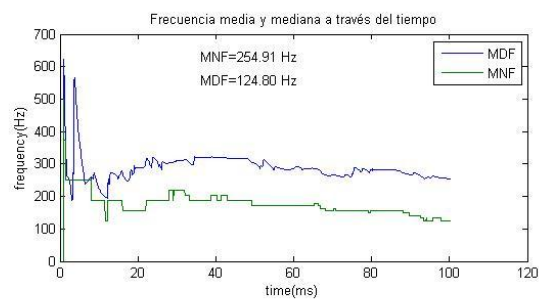
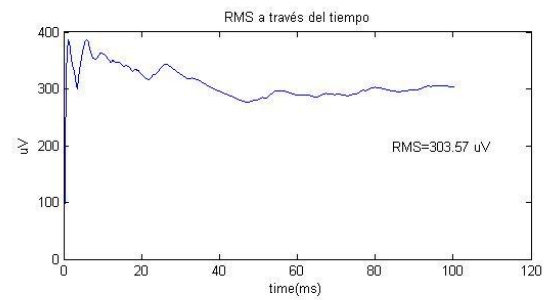
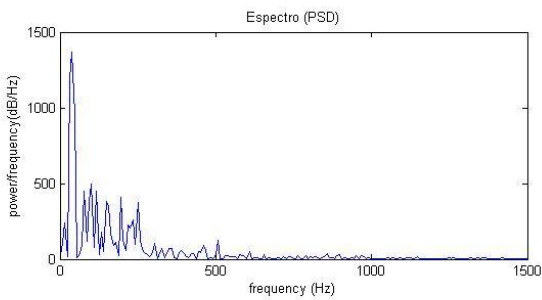
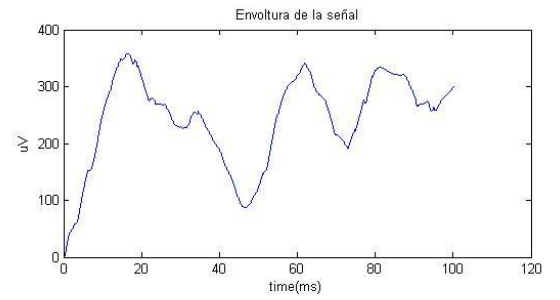
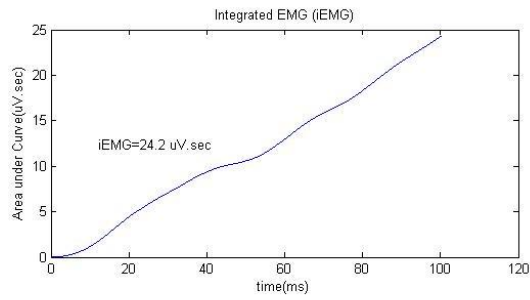
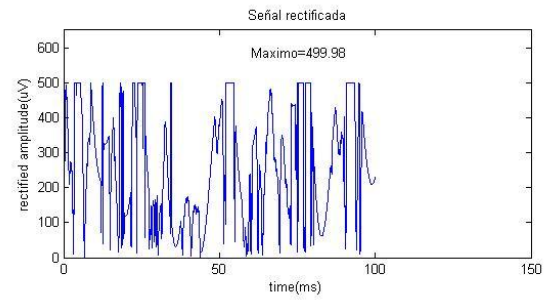
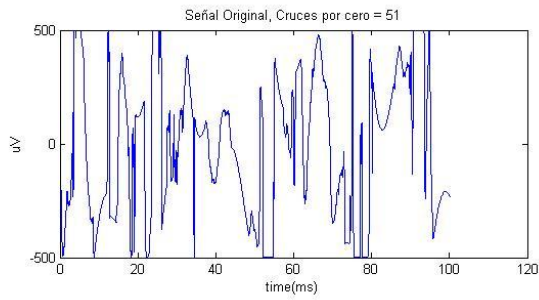
Pre test. Septiembre 12, 2010. Deltoides izquierdo. Deportista 3.



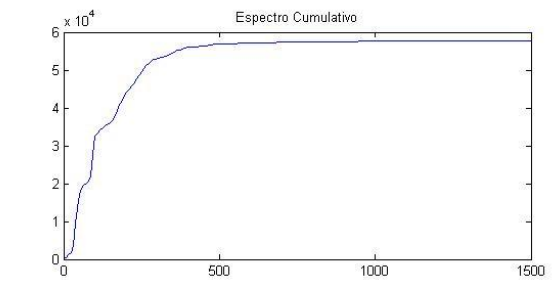
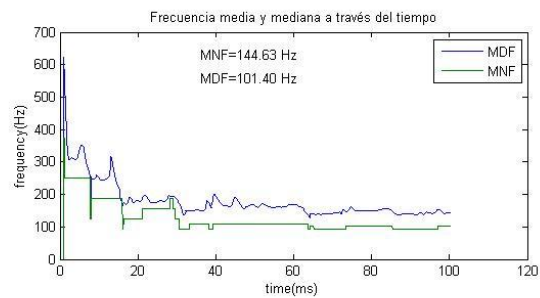
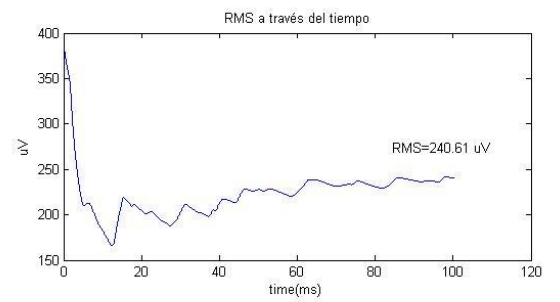
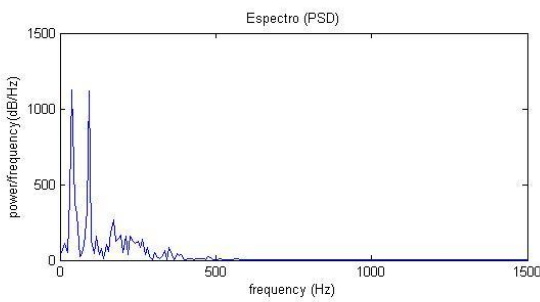
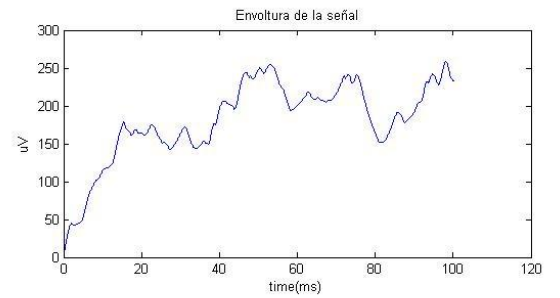
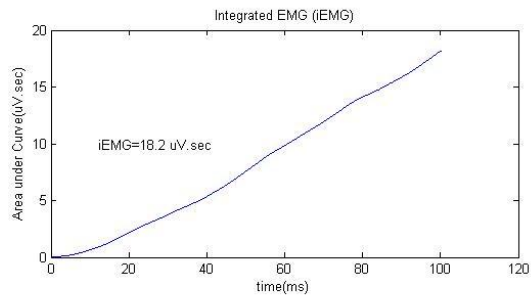
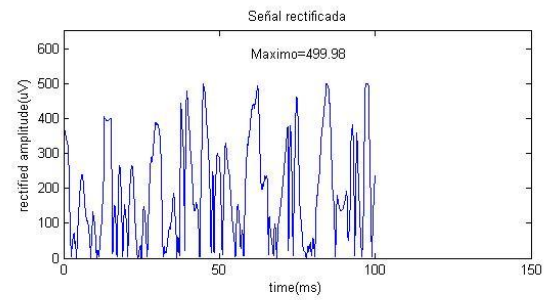
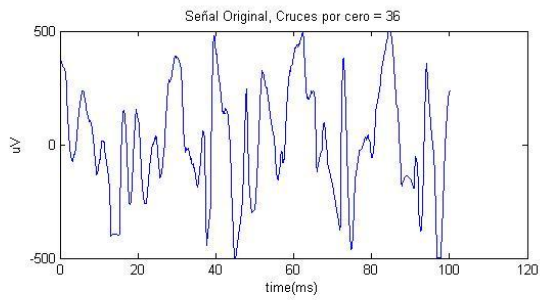
Post-test. Noviembre 25, 2010. Deltoides izquierdo. Deportista 3.



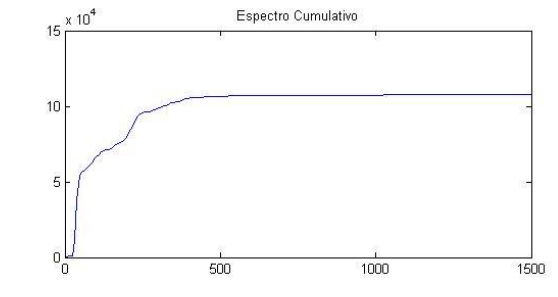
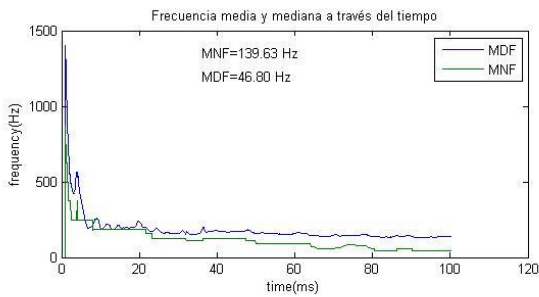
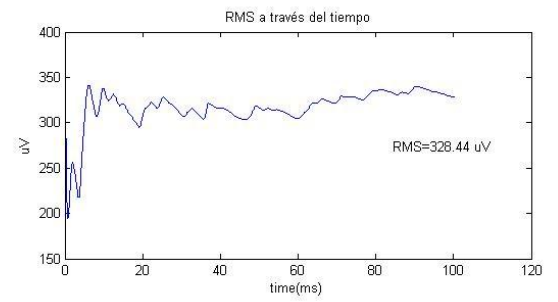
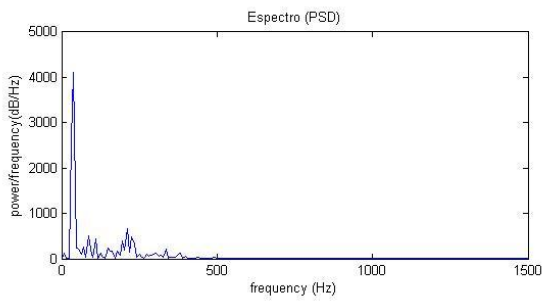
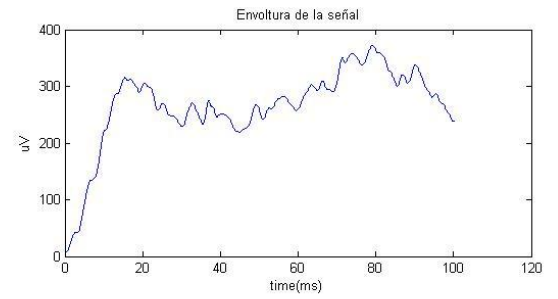
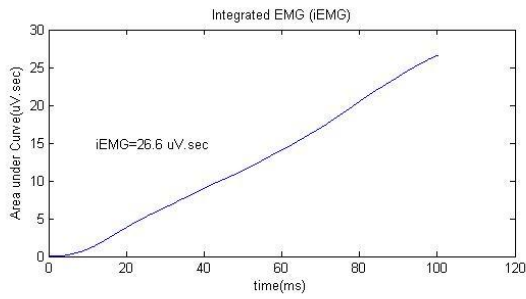
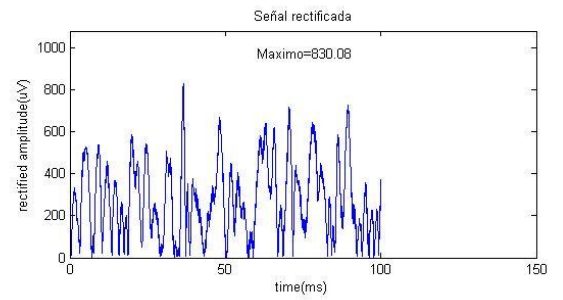
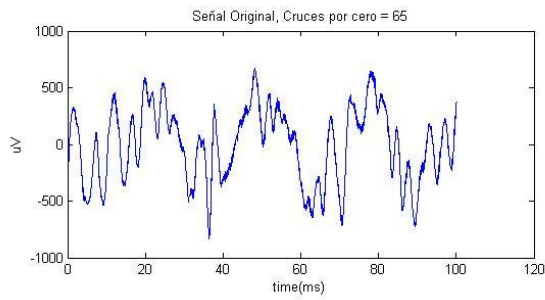
Pre test. Septiembre 12, 2010. Trapecio derecho. Deportista 3.



Post-test. Noviembre 25, 2010. Deltoides izquierdo. Deportista 3.



Pre test. Septiembre 12, 2010. Trapecio derecho. Deportista 3.



Post-test. Noviembre 25, 2010, Trapecio izquierdo, Deportista 3.

