

**UNIVERSIDAD DE GRANADA**

**DEPARTAMENTO DE PERSONALIDAD EVALUACIÓN Y  
TRATAMIENTO PSICOLÓGICO**



**PROGRAMA DE DOCTORADO  
"MOTRICIDAD HUMANA"**

**TESIS DOCTORAL**



***INFLUENCIA DE LAS MODIFICACIONES PRODUCIDAS  
POR LA EJECUCIÓN DE VARIACIONES TÉCNICAS  
SOBRE LOS FACTORES BIOMECÁNICOS DEL ESTILO  
CROL EN NATACIÓN***

**PRESENTADA POR  
GRACIA LÓPEZ CONTRERAS**

**DIRECTORES  
Dr. D. RAÚL ARELLANO COLOMINA  
Dr.D. MARCOS GUTIÉRREZ DÁVILA**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar quiero expresar mi gratitud a mis directores tesis por dedicarme parte de su valioso tiempo y por todo lo que me han enseñado. Por el apoyo y confianza depositados en mí y en la elaboración de este trabajo.

A Raúl por hacerme querer a este deporte y enseñarme a conocerlo en profundidad. Por tu amistad, apoyo incondicional y sobre todo por tu paciencia.

A Marcos, por tu inestimable aportación en el área de la biomecánica, por tus numerosas apreciaciones y correcciones que han permitido finalizar esta tesis. Por tu paciencia y tus palabras de ánimo.

A la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte y al Departamento de Educación Física y Deportiva, por permitir la realización de esta investigación aportando todo el material necesario incondicionalmente.

Al centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada, por poner a nuestra disposición la infraestructura necesaria para llevar a cabo este proyecto.

A todos los nadadores del Grupo de Entrenamiento de Granada que han participado como sujetos experimentales en este trabajo, por estar siempre dispuestos a colaborar con gran compromiso, paciencia y buen hacer durante las largas sesiones de grabación. Especialmente a mi hermana Vanesa por el interés y la ilusión que ha mostrado en sus intervenciones.

A todos mis compañeros y compañeras del Departamento de Educación Física y Deportiva, por vuestro interés, apoyo y palabras de ánimo en todo momento. Porque me habéis proporcionado un ambiente de trabajo agradable y demostrado gran compañerismo.

A todo el personal de administración y servicios de la Facultad por vuestra predisposición y ayuda en la solución de todos nuestros “problemas”. En especial a aquellos que desde hace muchos años compartimos este espacio de trabajo, con vosotros me siento en familia.

A Belén y Encarni, dos grandes amigas y sufridoras directas de los sinsabores de esta tesis, por estar siempre a mi lado en los buenos momentos y no fallar nunca en los no tan buenos.

A mis padres, por haberme inculcado todos los valores que me han formado como persona y me han permitido llegar hasta aquí. Por vuestro esfuerzo, dedicación y permanente ayuda a lo largo de estos años de trabajo.

A Manolo, por su cariño, paciencia y confianza en mí. Por tu constante apoyo y estar ahí siempre. Sin tu ayuda no hubiera llegado hasta aquí.

A mis hijos, Jesús, Manuel y Ana, por la alegría y vitalidad con la que me llenáis de felicidad. Por darme motivos para pensar que mis prioridades son las correctas.

Al Consejo Superior de Deportes por su apoyo a este trabajo mediante la subvención del Centro Nacional de Investigación y Ciencias del Deporte. Con referencia 13/UNI21/97.

**A Manolo, Jesús, Manuel y Ana  
que ilumináis mi vida.**

**A mis padres, que se merecen  
mucho más que esta dedicatoria**

## INDICE GENERAL

<b>1.- INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Aspectos generales de la natación como deporte</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Perspectivas científicas básicas que tienen a la natación deportiva como objeto de estudio.</b>	<b>6</b>
1.3.1. <i>La Biomecánica como perspectiva científica en el análisis de la Natación Deportiva</i>	<b>9</b>
1.3.2. <i>Objetivos de la Biomecánica Deportiva</i>	<b>14</b>
<b>1.4. Factores biomecánicos que determinan el desplazamiento en el medio acuático</b>	<b>15</b>
1.4.1. <i>Bases mecánicas de análisis</i>	<b>16</b>
1.4.2. <i>Técnicas utilizadas por la biomecánica en el estudio de la natación</i>	<b>20</b>
<b>1.5. Descripción técnica del estilo crol</b>	<b>25</b>
<b>1.5.1 Acciones de las Extremidades Superiores</b>	<b>25</b>
1.5.1.1. <i>Acción Propulsiva Inicial. Movimiento hacia abajo</i>	<b>27</b>
1.5.1.2. <i>Movimiento hacia dentro</i>	<b>27</b>
1.5.1.3. <i>Movimiento hacia arriba</i>	<b>29</b>
1.5.1.4. <i>Recobro. Emersión y movimiento hacia delante</i>	<b>30</b>
1.5.1.5. <i>Entrada y extensión</i>	<b>31</b>
<b>1.5.2. Coordinación</b>	<b>33</b>
1.5.2.1. <i>Extremidades superiores y las acciones respiratorias</i>	<b>33</b>
1.5.2.2. <i>Brazo – Brazo</i>	<b>35</b>
<b>1.6. El problema de la rotación longitudinal del cuerpo en el estilo crol</b>	<b>37</b>
<b>1.7. Influencia de la velocidad en las fuerzas propulsivas</b>	<b>43</b>
<b>1.8. Justificación</b>	<b>46</b>
<b>1.9. Planteamiento de la hipótesis</b>	<b>47</b>
<b>1.10. Objetivos.</b>	<b>47</b>

<b>2. MÉTODO</b>	<b>50</b>
2.1. Características generales del método	50
2.2. Diseño experimental	52
2.3. Método utilizado en el primer estudio.	54
2.3.1. <i>Sujetos</i>	54
2.3.2. <i>Técnicas instrumentales y material utilizado</i>	55
2.3.3. <i>Procedimiento</i>	61
2.3.4. <i>Variables establecidas.</i>	63
2.3.4.1. <i>Variable Independiente.</i>	63
2.3.4.2. <i>Variables Dependientes</i>	67
2.4. Método utilizado en el segundo estudio.	71
2.4.1. <i>Sujetos</i>	71
2.4.2. <i>Técnicas instrumentales y material utilizado.</i>	73
2.4.2.1. <i>Técnicas instrumentales de registro.</i>	74
2.4.2.2. <i>Técnicas instrumentales para la captación y tratamiento de los datos.</i>	79
2.4.3. <i>Procedimiento.</i>	88
2.4.4. <i>Variables establecidas</i>	88
2.4.4.1. <i>Variable Independiente.</i>	88
2.4.4.2. <i>Variables Dependientes</i>	90
2.5 Estudio estadístico.	100
2.3.1. <i>Estadística Descriptiva</i>	100
2.3.2. <i>Estadística inferencial.</i>	100
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>102</b>
3.1. Resultados del primer estudio.	102
3.1.1. <i>Variables temporales.</i>	103
3.1.2. <i>Variables angulares</i>	115
3.2.- Resultados del segundo estudio.	130
3.2.1.- <i>Variables temporales.</i>	130
3.2.2.- <i>Variables angulares.</i>	147

---

3.2.3.- <i>Variables espaciales.</i>	153
3.2.4.- <i>Variables cinemáticas.</i>	157
<b>4.- DISCUSIÓN.</b>	<b>169</b>
4.1.- Variables temporales	169
4.2.- Variables angulares.	175
4.3.- Variables espaciales.	179
4.4.- Variables cinemáticas.	182
<b>5.- CONCLUSIONES.</b>	<b>188</b>
<b>6.- PERSPECTIVAS DE FUTURO</b>	<b>192</b>
<b>7.- BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>194</b>
<b>8.- ANEXOS</b>	<b>211</b>

**INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.1. Clasificación de los ejercicios técnicos planteados por Wilke y Madsen (1992).</b>	<b>2</b>
<b>Figura 1.2. Clasificación de los ejercicios de técnica según Arellano (1994).</b>	<b>2</b>
<b>Figura 1.3. Esquema de los principales elementos que se ven modificados en el medio acuático y requieren por tanto un proceso de adaptación.</b>	<b>4</b>
<b>Figura 1.4. Adaptado de Arellano (1992). Representación esquemática de las fuerzas externas que actúan sobre el nadador que se desplaza en el agua.</b>	<b>5</b>
<b>Figura 1.5. A/B: Procesos de iniciación (A) (Franco y Navarro, 1980; Navarro, 1990; Gosálvez y Joven, 1997). Dominio en la planificación de las Actividades acuáticas (B) (Wilke y Madsen, 1994)</b>	<b>7</b>
<b>Figura 1.6. Representación esquemática de las perspectivas científicas en el campo de la motricidad. (Gutiérrez, 1990).</b>	<b>10</b>
<b>Figura 1.7. Representación de los planos y ejes del sistema de referencia utilizado.</b>	<b>18</b>
<b>Figura 1.8. Proyección de las trayectorias propulsivas en los distintos planos de una nadadora del Equipo Nacional de natación (según (Arellano &amp; Pardo, 1990)</b>	<b>19</b>
<b>Figura 1.9. Esquema de la evolución de las técnicas de análisis empleadas.</b>	<b>24</b>
<b>Figura 1.10. Fases descritas por Arellano, R. (2001) en el movimiento propulsivo del estilo crol</b>	<b>26</b>



---

<b>Figura 1.11. Diagrama de coordinación entre brazos y piernas en un ciclo del estilo crol.</b>	<b>34</b>
<b>Figura 1.12. Coordinación genérica brazo - brazo de 90° según Firby (1975).</b>	<b>36</b>
<b>Figura 1.13. Modelo cilíndrico de dos segmentos utilizado por Hay, Liu y Andrews (1993).</b>	<b>38</b>
<b>Figura 1.14. Variables angulares utilizadas por Liu, Hay y Andrews (1993)</b>	<b>40</b>
<b>Figura 1.15. resultados de rotación de hombros, flexión de codo y flexión horizontal de hombros tanto al inicio como al final del movimiento hacia dentro, obtenidos por Payton, Bartlett, Baltzopoulos y Coombs (1999)</b>	<b>42</b>
<b>Figura 1.16. Patrón típico de velocidad de la mano en el estilo crol mostrado por Costill, Maglischo y Richardson (1994)</b>	<b>45</b>
<b>Figura 2.3.1. Diagrama de la colocación de las cámaras durante la sesión de registro.</b>	<b>59</b>
<b>Figura 2.3.2. Diagrama del sistema de registro de imágenes</b>	<b>59</b>
<b>Figura 2.3.3. Imagen obtenida con cámaras simultáneas subacuática y exterior, donde se observa el implemento utilizado como aleta dorsal.</b>	<b>60</b>
<b>Figura 2.3.4. Sistema de referencia utilizado en el primer estudio.</b>	<b>62</b>
<b>Figura 2.3.5. Orden de ejecución de los ejercicios, distribuido aleatoriamente entre los sujetos.</b>	<b>62</b>
<b>Figura 2.3.6. Nado crol con respiración por el lado dominante (NRdom.).</b>	<b>65</b>

---

<b>Figura 2.3.7. Nado crol con respiración por el lado no dominante (NRnodom.).</b>	<b>65</b>
<b>Figura 2.3.8. Nado crol sin respirar (NSR).</b>	<b>65</b>
<b>Figura 2.3.9. Nado con un brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el lado del brazo ejecutor (Bext.Rejec.).</b>	<b>66</b>
<b>Figura 2.3.10. Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo no ejecutor (Bflex.Rnoejec.).</b>	<b>66</b>
<b>Figura 2.3.11. Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo ejecutor (Bflex.Rejec.).</b>	<b>66</b>
<b>Figura 2.3.12. Fotograma representativo del final del movimiento hacia abajo.</b>	<b>68</b>
<b>Figura 2.3.13. Fotograma representativo del final del movimiento hacia dentro.</b>	<b>68</b>
<b>Figura 2.3.14. Fotograma representativo del final del movimiento ascendente.</b>	<b>68</b>
<b>Figura 2.3.15. Variables angulares medidas en el presente estudio. Donde <math>\theta</math> es el ángulo de rotación de tronco y <math>\beta</math> es el ángulo de flexión de codo.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 2.4.1. Situación de las cámaras frontal y lateral en relación al espacio ocupado por el nadador.</b>	<b>76</b>
<b>Figura 2.4.2. Representación lateral del Sistema de Referencia Inercial (S.R.I)</b>	<b>77</b>

---

<b>Figura 2.4.3. Representación frontal del Sistema de Referencia Inercial (S.R.I)</b>	<b>78</b>
<b>Figura 2.4.4. a y b: Proceso de digitalización de la imagen frontal y lateral.</b>	<b>80</b>
<b>Figura 2.4.5. Suavizado de las coordenadas digitalizadas.</b>	<b>84</b>
<b>Figura 2.4.6. Nado crol con respiración por el lado dominante (NRdom.).</b>	<b>89</b>
<b>Figura 2.4.7 . Nado crol con respiración por el lado no dominante (NRnodom.).</b>	<b>89</b>
<b>Figura 2.4.8. Nado crol sin respirar (NSR).</b>	<b>89</b>
<b>Figura 2.4.9. Nado con un brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el lado del brazo ejecutor. (Bext.Rejec.).</b>	<b>91</b>
<b>Figura 2.4.10. Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo no ejecutor. (Bflex.Rnoejec.).</b>	<b>91</b>
<b>Figura 2.4.11. Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo ejecutor. (Bflex.Rejec.).</b>	<b>91</b>
<b>Figura 2.4.12. Fotograma representativo del final del movimiento de entrada y extensión.</b>	<b>93</b>
<b>Figura 2.4.13. Fotograma representativo del final del movimiento hacia abajo.</b>	<b>93</b>
<b>Figura 2.4.14. Fotograma representativo del final del movimiento hacia dentro.</b>	<b>94</b>

---

<b>Figura 2.4.15. Fotograma representativo del final del movimiento ascendente.</b>	<b>94</b>
<b>Figura 2.4.16. Amplitud del ángulo de flexión de codo a lo largo de la tracción y momentos de máxima rotación de tronco y máxima flexión de codo obtenidos en el sujeto S01 en el ejercicio nado crol sin respirar.</b>	<b>96</b>
<b>Figura 2.4.17. Representación de los ejes espaciales en la trayectoria tridimensional.</b>	<b>98</b>
<b>Figura 2.4.18: Gráficas de velocidad de la mano derecha e izquierda a lo largo de la tracción obtenidos en el sujeto S01 en el ejercicio nado crol con respiración al lado dominante</b>	<b>99</b>
<b>Figura 4.1. Impacto de la forma del cuerpo sobre la resistencia hidrodinámica durante el deslizamiento subacuático según Vorontsov y Rummyantsev (2000)</b>	<b>172</b>
<b>Figura 4.2. Trayectorias seguidas por la mano en una visión frontal en diferentes condiciones de rotación de tronco y movimiento del brazo relativo al tronco. Según Liu, Q., Hay, J. and Andrews, J (1993).</b>	<b>183</b>

---

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 2.3.1. Características generales de los sujetos experimentales del primer estudio.</b>	<b>56</b>
<b>Tabla 2.3.2. Características antropométricas de los sujetos experimentales del primer estudio.</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 2.4.1. Características generales de los sujetos experimentales del segundo estudio.</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 2.4.2. Características antropométricas de los sujetos experimentales del segundo estudio.</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 2.4.3. Parámetros inerciales aportados por de Leva (1996).</b>	<b>86</b>
<b>Tabla 2.4.4. Puntos y segmentos utilizados para el modelado humano del nadador en este estudio.</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 3.1.1. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales, expresadas en segundos, en los ejercicios realizados a nado completo, medidas en el estudio 1.</b>	<b>105</b>
<b>Tabla 3.1.2. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio 1, expresadas en segundos, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.</b>	<b>105</b>
<b>Tabla 3.1.3. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia abajo, en el estudio 1.</b>	<b>106</b>

<b>Tabla 3.1.4. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento ascendente, en el estudio I.</b>	<b>108</b>
<b>Tabla 3.1.5. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo total de tracción, en el estudio I.</b>	<b>110</b>
<b>Tabla 3.1.6. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio I, en los ejercicios realizados a nado completo, expresadas en porcentajes del tiempo total de la tracción.</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 3.1.7. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio I, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo, expresadas en porcentajes del tiempo total de la tracción.</b>	<b>111</b>
<b>Tabla 3.1.8. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia abajo relativo, en el estudio I.</b>	<b>113</b>
<b>Tabla 3.1.9. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia dentro relativo, en el estudio I.</b>	<b>114</b>
<b>Tabla 3.1.10. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento ascendente relativo, en el estudio I.</b>	<b>116</b>
<b>Tabla 3.1.11. Medias y desviaciones típicas de las variables angulares del tronco, medidas en el estudio I y expresadas en grados, en los ejercicios realizados a nado completo.</b>	<b>118</b>

---

<b>Tabla 3.1.12. Medias y desviaciones típicas de las variables angulares del tronco, medidas en el estudio 1 y expresadas en grados, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.</b>	<b>118</b>
<b>Tabla 3.1.13. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable máxima rotación de tronco en el eje longitudinal del cuerpo, en el estudio 1.</b>	<b>119</b>
<b>Tabla 3.1.14. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable rotación de tronco en el eje longitudinal del cuerpo en el momento de máxima flexión de codo, en el estudio 1.</b>	<b>122</b>
<b>Tabla 3.1.15. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable rotación de tronco sobre el eje longitudinal del cuerpo en el momento final de la tracción, en el estudio 1.</b>	<b>124</b>
<b>Tabla 3.1.16. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable rango de rotación de tronco sobre el eje longitudinal del cuerpo, en el estudio 1.</b>	<b>126</b>
<b>Tabla 3.1.17. Medias y desviaciones típicas de las variables angulares del codo medidas en el estudio 1 y expresadas en grados, en los ejercicios realizados a nado completo.</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 3.1.18. Medias y desviaciones típicas de las variables angulares del codo medidas en el estudio 1 y expresadas en grados, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.</b>	<b>128</b>
<b>Tabla 3.2.1. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales, expresadas en segundos, en los ejercicios realizados a nado completo, medidas en el estudio 2</b>	<b>132</b>

---

<b>Tabla 3.2.2. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio 2, expresadas en segundos, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.</b>	<b>132</b>
<b>Tabla 3.2.3. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia delante, en el estudio 2.</b>	<b>133</b>
<b>Tabla 3.2.4. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia abajo, en el estudio 2.</b>	<b>134</b>
<b>Tabla 3.2.5. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia dentro, en el estudio 2.</b>	<b>136</b>
<b>Tabla 3.2.6. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento ascendente, en el estudio 2.</b>	<b>138</b>
<b>Tabla 3.2.7. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo total de tracción, en el estudio 2.</b>	<b>140</b>
<b>Tabla 3.2.8. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio 2, en los ejercicios realizados a nado completo, expresadas en porcentajes del tiempo total de la tracción.</b>	<b>142</b>
<b>Tabla 3.2.9. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio 2, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo, expresadas en porcentajes del tiempo total de la tracción.</b>	<b>142</b>



---

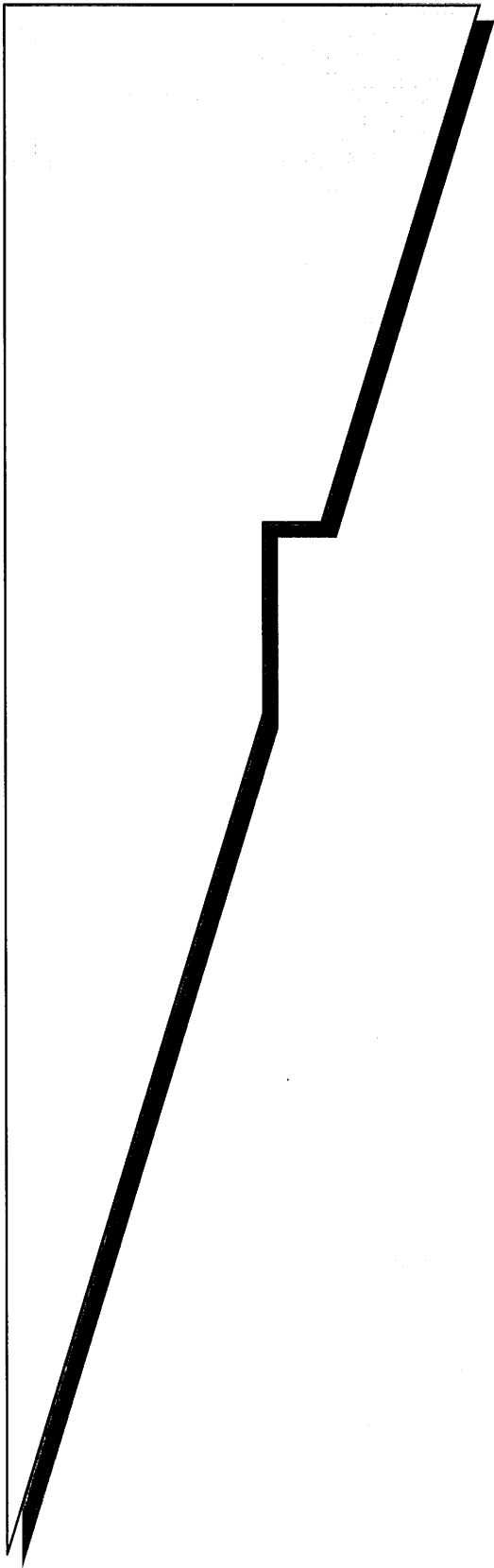
<b>Tabla 3.2.10. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia delante relativo, en el estudio 2.</b>	<b>143</b>
<b>Tabla 3.2.11. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia abajo relativo, en el estudio 2.</b>	<b>145</b>
<b>Tabla 3.2.12. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento ascendente relativo, en el estudio 2.</b>	<b>146</b>
<b>Tabla 3.2.13. Medias y desviaciones típicas de la variable máxima flexión del codo medida en el estudio 2 y expresada en grados, en los ejercicios realizados a nado completo.</b>	<b>148</b>
<b>Tabla 3.2.14. Medias y desviaciones típicas de la variable máxima flexión del codo medida en el estudio 2 y expresada en grados, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.</b>	<b>148</b>
<b>Tabla 3.2.15. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable máxima flexión de codo, en el estudio 2.</b>	<b>149</b>
<b>Tabla 3.2.16. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales relacionadas con los ángulos máximos de rotación de tronco y flexión del codo, en los ejercicios realizados a nado completo.</b>	<b>151</b>
<b>Tabla 3.2.17. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales relacionadas con los ángulos máximos de rotación de tronco y flexión del codo, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.</b>	<b>151</b>

---

<b>Tabla 3.2.18. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable momento de máxima rotación de tronco, en el estudio 2.</b>	<b>152</b>
<b>Tabla 3.2.19. Medias y desviaciones típicas de las variables espaciales, expresadas en metros, en los ejercicios realizados a nado completo, medidas en el estudio 2.</b>	<b>154</b>
<b>Tabla 3.2.20. Medias y desviaciones típicas de las variables espaciales, expresadas en metros, en los ejercicios realizados con un solo brazo, medidas en el estudio 2.</b>	<b>154</b>
<b>Tabla 3.2.21. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable amplitud sagital de la tracción en el eje Y, en el estudio 2.</b>	<b>156</b>
<b>Tabla 3.2.22. Medias y desviaciones típicas de las variables cinemáticas, expresadas en metros/segundo, en los ejercicios realizados a nado completo, medidas en el estudio 2.</b>	<b>158</b>
<b>Tabla 3.2.23. Medias y desviaciones típicas de las variables cinemáticas, expresadas en metros/segundo, en los ejercicios realizados con un solo brazo, medidas en el estudio 2.</b>	<b>158</b>
<b>Tabla 3.2.24. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable cinemática velocidad instantánea al final del movimiento de entrada y extensión, en el estudio 2.</b>	<b>159</b>
<b>Tabla 3.2.25. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable cinemática velocidad instantánea al final del movimiento hacia dentro, en el estudio 2.</b>	<b>161</b>

---

<b>Tabla 3.2.26. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable cinemática velocidad instantánea al final del movimiento ascendente, en el estudio 2.</b>	<b>162</b>
<b>Tabla 3.2.27. Medias y desviaciones típicas de las variable velocidad máxima y momento en el que aparece, expresadas en metros/segundo y porcentaje del tiempo total de tracción, medidas en el estudio 2.</b>	<b>163</b>
<b>Tabla 3.2.28. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable cinemática velocidad máxima, en el estudio 2.</b>	<b>165</b>
<b>Tabla 3.2.29. Medias y desviaciones típicas de las variable velocidad media de desplazamiento del cuerpo, expresadas en metros/segundo, medidas en el estudio 2.</b>	<b>166</b>
<b>Tabla 3.2.30. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable velocidad media de desplazamiento del cuerpo, en el estudio 2.</b>	<b>167</b>



## INTRODUCCION

# 1.- INTRODUCCIÓN

## 1.1. Planteamiento del problema

En el aprendizaje y entrenamiento de la natación se utilizan ejercicios considerados específicos para enseñar o corregir la técnica. Dichos ejercicios son propuestos por diversos autores (Lewin, 1983; Zambrana, 1986; Navarro, 1990; Reischle, 1993; Wilke y Madsen 1990) pero en raras ocasiones, aparecen teorías explicativas o análisis biomecánicos de estos ejercicios utilizándose sistemáticamente y asignándoles una influencia positiva por sí mismos. Son habilidades que se piensa que, tanto profesores como deportistas, deben conocer y dominar. A este respecto Navarro (1990) afirmó: *"el conocimiento de ejercicios apropiados, será una importante ayuda para su perfeccionamiento técnico, contribuyendo a asentar, así, la primera piedra en la construcción de un buen nadador"*.

Wilke y Madsen (1990) clasifican los ejercicios técnicos de natación según los objetivos específicos que persiguen (Figura 1.1), diferenciando ejercicios técnicos tanto para la mejora de los estilos de nado como para las salidas y las vueltas, así como ejercicios de mejora de la sensibilidad al agua, de contraste y combinaciones de ejercicios.

Arellano (1992) define los ejercicios de asimilación técnica en los siguientes términos: *"son aquellos que mediante su práctica se aprende o mejora la técnica de los estilos de competición."* Clasificándolos según el objetivo que persiguen (Figura 1.2). En este caso establece ejercicios para el desarrollo de la coordinación, para la mejora del sentido del agua planteando actividades de contraste y sustentación encaminadas al incremento de la propulsión y la reducción de la resistencia y ejercicios analíticos tanto en agua como en seco.

- 1) Ejercicios técnicos para cada uno de los estilos:**
  - a) Para el movimiento de las piernas.**
  - b) Para el movimiento de brazos.**
  - c) Para la coordinación.**
- 2) Ejercicios técnicos para salidas y vueltas.**
- 3) Ejercicios para la "sensibilidad" al agua.**
- 4) Ejercicios de contraste.**
- 5) Ejercicios de combinación.**

Figura 1.1. Clasificación de los ejercicios técnicos planteados por Wilke y Madsen (1990).

- 1) Ejercicios para el desarrollo de la coordinación.**
- 2) Ejercicios para el desarrollo del sentido del agua:**
  - a) Ejercicios para el desarrollo de la propulsión:**
    - i) Ejercicios de contraste.**
    - ii) Ejercicios de sustentación.**
  - b) Ejercicios para la disminución de la resistencia.**
- 3) Ejercicios analíticos:**
  - a) En seco.**
  - b) En agua.**

Figura 1.2. Clasificación de los ejercicios de técnica según Arellano (1992).

El enfoque del presente estudio se centra en el estilo crol y trata de resolver el siguiente problema:

¿Hasta que punto cambian las diferentes acciones técnicas durante la realización de ejercicios analíticos del estilo crol en comparación con la ejecución de este estilo?

Para observar el efecto que producen en la técnica determinados ejercicios denominados de asimilación técnica se analizarán las diferencias en:

- 1 Variables relacionadas con la sincronización temporal.
- 2 Variables relacionadas con la rotación del tronco sobre el eje longitudinal.
- 3 Variables relacionadas con las trayectorias propulsivas tridimensionales.
- 4 Variables relativas a las velocidades de desplazamiento.

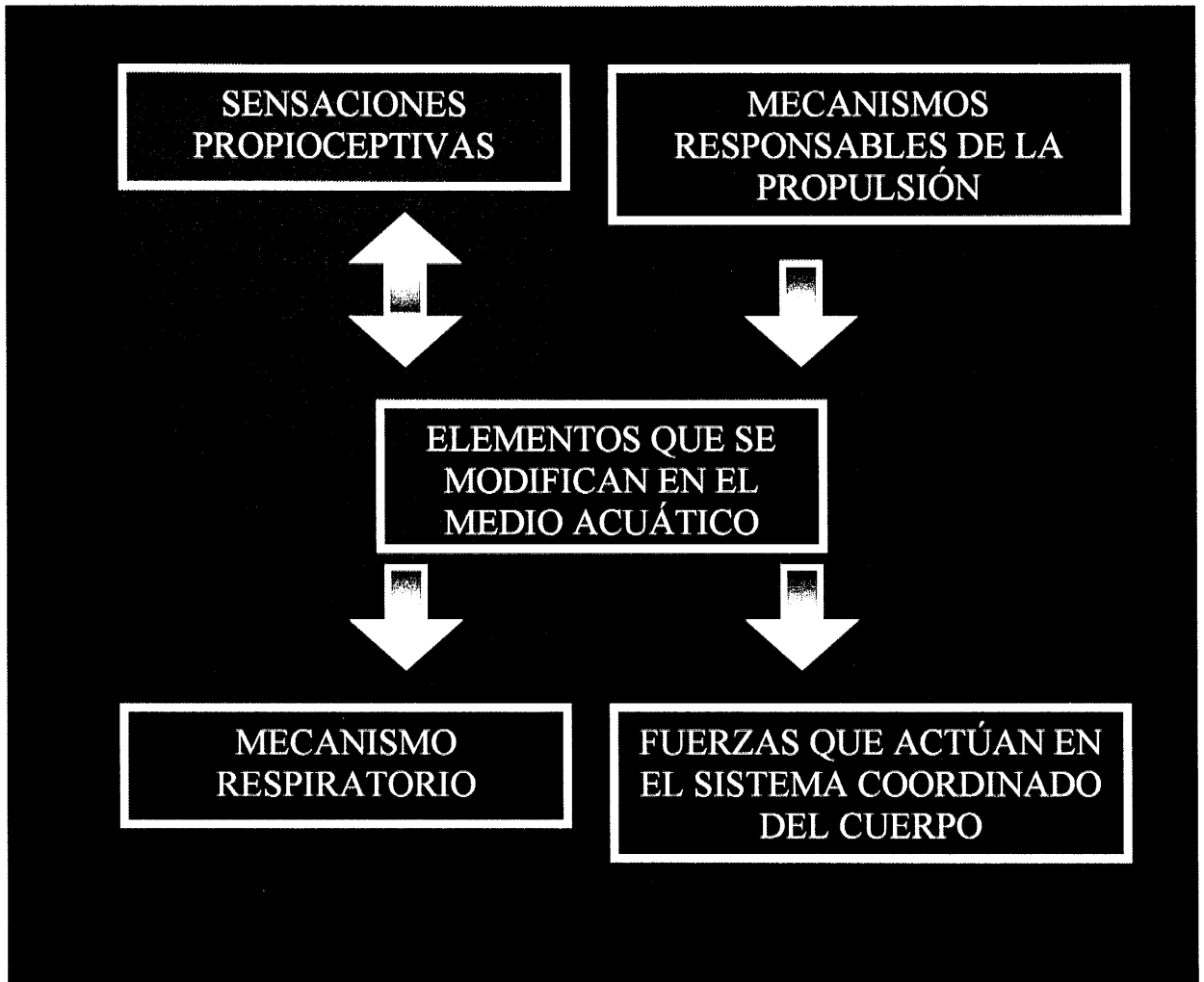
Para llevarlo a cabo, hemos seleccionado algunos ejercicios utilizados frecuentemente por los profesores y entrenadores de natación con la intención de compararlos con la ejecución global del estilo crol.

## **1.2. Aspectos generales de la natación como deporte**

La característica más general de esta actividad deportiva es que su estudio trata de analizar el desplazamiento humano en un medio fluido, el agua.

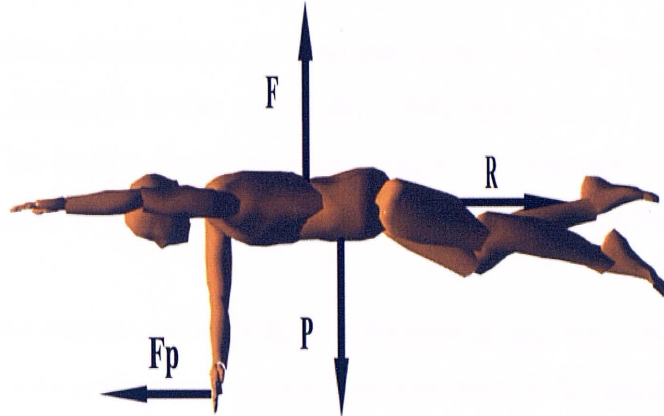
Considerando que el medio acuático es diferente al que el ser humano está habituado, y según citan Gosálvez y Joven (1998) este hecho va a ser origen de múltiples diferencias en el comportamiento del movimiento humano, tales como modificaciones en percepciones, equilibrios, control respiratorio, y comportamiento motriz. (Figura 1.3).

Una de las modificaciones fundamentales aparece en relación a las fuerzas que actúan sobre el sistema coordinado del cuerpo humano que define al nadador o a cualquier otro deportista acuático, sobre los cuales diferenciamos la intervención de la fuerza de flotación como compensadora de la fuerza peso y el protagonismo de la fuerza de resistencia ofrecida por el agua al avance del nadador. (Figura 1.4).



**Figura. 1.3.** Esquema de los principales elementos que se ven modificados en el medio acuático y requieren por tanto un proceso de adaptación.





**Figura 1.4. Representación esquemática de las fuerzas externas que actúan sobre el nadador que se desplaza en el agua. (Adaptado de Arellano, 1992).**

Donde:  $F_p$  indica las Fuerzas propulsivas que aplica contra el agua,  $R$  es la Fuerza de la resistencia que lo frena en su avance,  $F$  es la Fuerza de flotación que lo empuja hacia la superficie y cuyo origen se sitúa en el centro de empuje del cuerpo,  $P$  es la Fuerza peso, cuyo origen se encuentra en el centro de gravedad del cuerpo.

Estas diferencias explican que el aprendizaje de cualquier actividad acuática requiera previamente un proceso de iniciación cuyos objetivos principales sean el conocimiento, adaptación y supervivencia en el medio acuático, proceso que se lleva a cabo siguiendo un esquema que presenta tres etapas diferenciadas (Franco y Navarro, 1980; Navarro, 1990; Gosálvez y Jóven 1998): a) Etapa de adaptación y familiarización, b) Etapa de desarrollo de habilidades básicas y c) Etapa de aprendizaje básico de la natación.

Posteriormente, continuando con una fase formativa superior y con un objetivo fundamentalmente deportivo Wilke y Madsen (1990) plantean una planificación a largo plazo fraccionada en cuatro periodos diferenciados: a) Formación motora básica, b) Entrenamiento de base, c) Entrenamiento sistemático y d) Alto rendimiento.

A lo largo del tiempo que dure todo el proceso de aprendizaje y dominio técnico, consideramos que tiene gran importancia el conocimiento de la natación como actividad deportiva. No sólo en cuanto a adquirir una técnica depurada, sino en cuanto al conocimiento relacionado con el comportamiento deportivo, reglamento que rige el deporte, normas higiénicas, etc. Evolucionando a lo largo del tiempo hacia la búsqueda de la especialización y la obtención de los mejores resultados deportivos. (Figura 1.5).

### **1.3. Perspectivas científicas básicas que tienen a la natación deportiva como objeto de estudio.**

No hace demasiado tiempo que la actividad deportiva es considerada como objeto de estudio de las perspectivas científicas básicas, el origen de este reciente interés lo encontramos en la gran relevancia cultural y social que ha ido alcanzando el deporte a lo largo de los años.

El estudio científico de la actividad deportiva supone la participación de diferentes áreas o disciplinas científicas que, intentan describir, explicar y controlar las variables que intervienen en el complejo proceso del gesto deportivo.

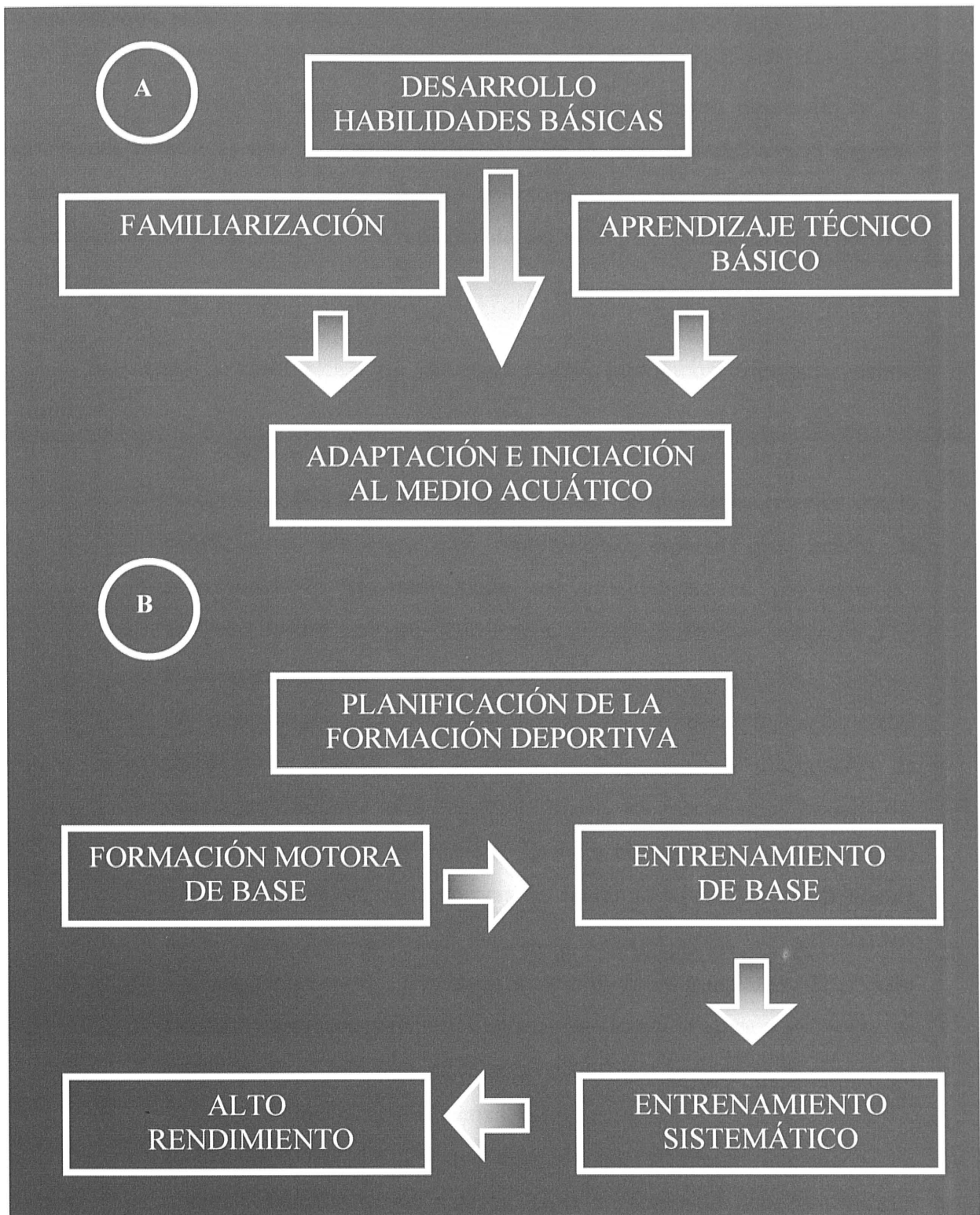


Figura 1.5. A/B: Procesos de iniciación (A) (Franco y Navarro, 1980; Navarro, 1990; Gosálvez y Joven, 1997). Dominio en la planificación de las Actividades acuáticas (B) (Wilke y Madsen, 1994)

Cuando el objeto del estudio se centra en la mejora del rendimiento de cualquier deportista, aparecen una serie de perspectivas científicas de apoyo al entrenamiento y, especialmente, sobre su control.

En las últimas décadas se ha producido un extraordinario desarrollo de las disciplinas científicas que se ocupan del estudio de la actividad física y el deporte. Ciencias diversas que comprenden todos los aspectos que puedan propiciar la mejora en el conocimiento y aumento del rendimiento de las múltiples modalidades deportivas existentes.

Siguiendo la clasificación de Gutiérrez (1990) podríamos diferenciar cuatro grupos:

- ✓ *Las ciencias médicas.* Se dedican al estudio, tanto de los procesos energéticos, objeto de la *Fisiología*, como los que tienen relación con la coordinación intrínseca del movimiento, aspecto que abarca la *Neurofisiología*, encontrándonos con especialistas en fisiología del esfuerzo, neurofisiólogos, fisioterapeutas, especialistas en nutrición o en la recuperación, etc.
- ✓ *Las ciencias que estudian el movimiento humano desde una perspectiva psicológica.* Abarcan los procesos de adquisición y eliminación de conductas mediante el *Aprendizaje Motor*, los mecanismos básicos del movimiento a través del *Control Motor* o el entrenamiento psicológico que busca la mejora de la eficacia del rendimiento competitivo mediante la *Psicología del Deporte*.
- ✓ *La cineantropometría.* Orientada al estudio de las relaciones de eficacia existentes entre los parámetros antropométricos y la eficacia del gesto, en cierto modo la detección de talentos deportivos se basa en la utilización de criterios cineantropométricos y fisiológicos.
- ✓ *La Biomecánica.* Ciencia que entiende que el cuerpo humano es un sistema biológico sujeto a leyes físicas y como tal debe ser tratado. Desde este último punto de vista, se considera que un gesto deportivo implica movimiento y por tanto se puede analizar utilizando para la comprensión y análisis de su movimiento las leyes de la mecánica, valorando numerosas variables como el espacio recorrido, el tiempo

transcurrido, la velocidad de desplazamiento, el impulso mecánico generado, etc... Estas variables que se derivan de la concepción mecánica del movimiento humano, han hecho que se desarrolle la biomecánica deportiva. La figura 1.6 muestra la representación esquemática de esta perspectiva científica.

En general podemos decir que, en base a estas perspectivas científicas, es posible abordar el análisis de cualquier actividad deportiva, aunque dependiendo del tipo de actividad tratada, el protagonismo de cada una de ellas será mayor o menor.

Cuando se tratan gestos de bucle abierto, es decir, aquellos que tienen un comienzo y un final determinado y no están sujetos a los condicionantes externos, podemos considerar que tanto la fisiología como la biomecánica son perspectivas científicas que se encargan de su análisis, desde el punto de vista energético una y desde el punto de vista técnico otra.

Es en este contexto de gestos de bucle abierto donde se desarrolla la natación deportiva, por tanto, debemos considerar que el factor técnica es determinante en relación al resultado deportivo. Esta es la razón por la que la Biomecánica Deportiva aplicada a la natación adquiere especial relevancia en nuestro estudio.

### ***1.3.1. La Biomecánica como perspectiva científica en el análisis de la Natación Deportiva***

Se debe considerar que el hecho de abordar los aspectos conceptuales de una determinada disciplina es una tarea compleja y difícil. En el caso de la biomecánica esta complejidad es particularmente notable, debido a que el estudio científico del movimiento supone la participación de diferentes disciplinas y áreas de conocimiento que, aunque con unos sistemas de análisis y aspectos metodológicos diferenciados, intentan describir, explicar y controlar las variables que intervienen en el complejo proceso del gesto deportivo. (Gutierrez, 1998).

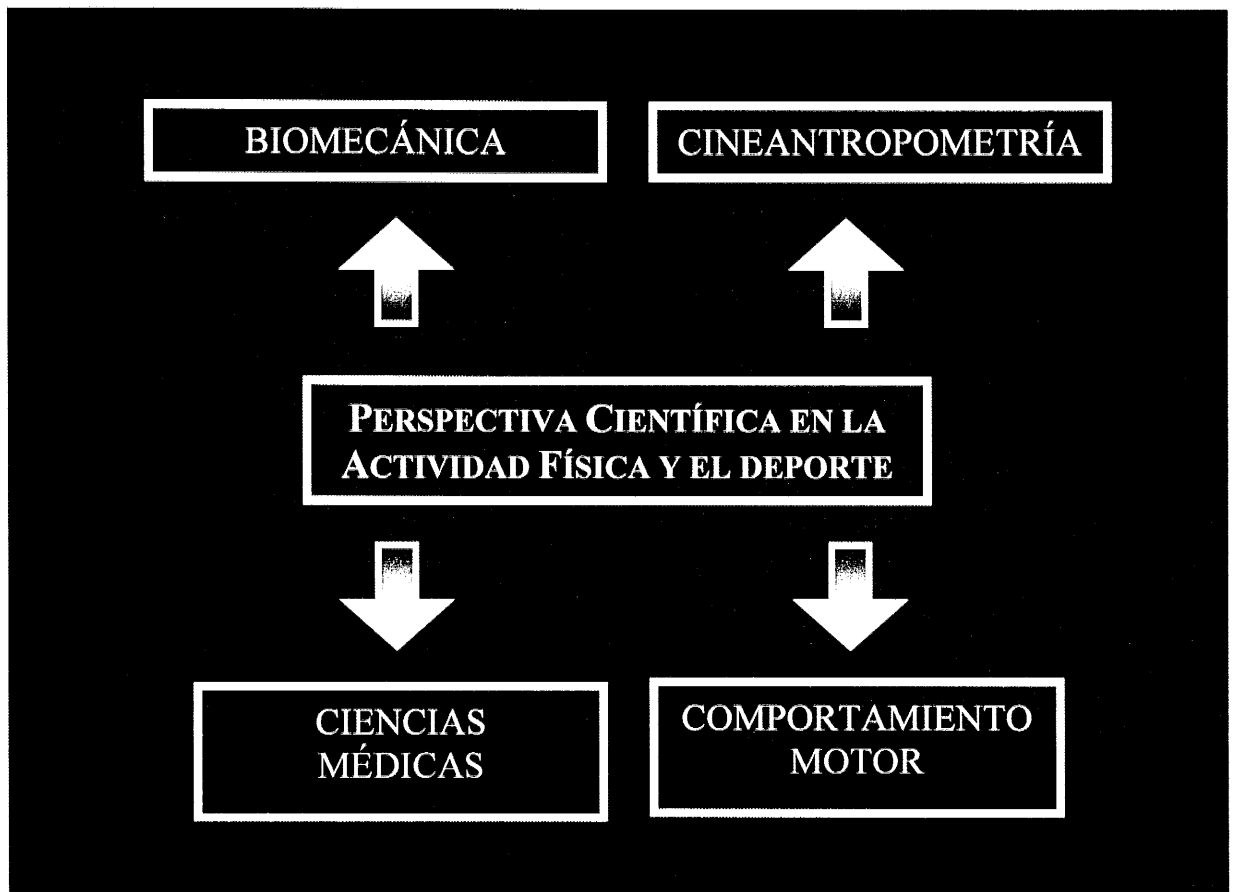


Figura 1.6. Representación esquemática de las perspectivas científicas en el campo de la motricidad. (Gutiérrez, 1990).

Tomaremos como referencia algunas de las primeras definiciones que fueron asumidas por un gran número de investigadores: la primera de ellas la formuló el **Consejo Internacional para el Deporte y la Educación Física** en 1971, considerando a la biomecánica deportiva como *el conocimiento del papel que juegan las fuerzas mecánicas que producen los movimientos, su soporte anatómico, implicación neurológica, control integrado y percepción*. La segunda la formuló, en el mismo año, la **Escuela Soviética de Biomecánica** pretendiendo simplificar entienden que la biomecánica deportiva es *la ciencia de la coordinación de los movimientos del hombre*. La tercera la expresó, en 1976, la **Escuela Belga de Biomecánica**, considerando a la biomecánica como el *análisis de los movimientos del cuerpo humano*. Son definiciones muy genéricas que manifiestan la interacción de muy diversas ciencias y no hace referencia específica de este término con el deporte.

Etimológicamente la biomecánica es un término formado por la combinación de las palabras **biología** y **mecánica**, por lo tanto dirigido a establecer los principios y métodos de la aplicación mecánica al estudio de las estructuras y fundamentos de los sistemas biológicos (Fung, 1968; Hatze, 1974; Wartenweiler, 1973). Sus orígenes se remontan a la antigüedad, desde que el hombre interactúa con el medio, aunque se aplican de forma intuitiva. Las revisiones de diversos autores (Contini y Drillis, 1954), Fung(1968) y Lissner (1967) contienen referencias de varios investigadores que pueden considerarse como los pioneros de la biomecánica, uno de estos fue Leonardo da Vinci (1452-1519), al cual se le acredita como el primero en realizar una observación sistemática de los principios mecánicos aplicados al hombre en movimiento. (Hart, 1963; Rasch y Burke, 1972).

Algunos autores como Gutiérrez, Oña y Santamaría (1988) conceptualizan a la biomecánica como una ciencia interdisciplinar situada a mitad de camino entre las ciencias básicas y las tecnologías aplicadas. En este sentido se puede decir que la aproximación al estudio aplicado desde las dos perspectivas básicas que sostienen a la biomecánica (física y biología), la convierten en un área especial de estudio que a su vez determina otros campos aplicados como la biodinámica, biocinética, mecánica ortopédica y aerodinámica e hidrodinámica de los desplazamientos.

Durante los últimos años, el desarrollo de la investigación básica ha tenido una repercusión fundamental en el estudio del análisis del gesto deportivo: unos investigadores han dedicado su esfuerzo al desarrollo de sistemas que permiten el cálculo de parámetros dinámicos fundamentales, como momentos de inercia y angulares (Hayy cols. 1977; Dapena, 1978; Veldpaus y cols. 1988; Dapena y McDonald, 1989); otros lo han hecho hacia la investigación básica en mecánica muscular (Asmmussen y Bonde-Patersen, 1974; Komi y Bosco, 1978; Bosco, 1985, Gracovesky, 1985; Zatsiorskij y Sazonov, 1988 y Viitasalo, 1988; entre otros). Un campo muy reciente lo presenta la Biomecánica dedicada al estudio del material deportivo: prendas deportivas, instalaciones, materiales más apropiados e implementos utilizados en las diferentes modalidades deportivas (Benno y Barry, 1983; Vera y cols. 1989; Rodano, 1990) y por supuesto tienen gran relevancia los estudios orientados al conocimiento de los mecanismos de movimiento, en nuestro caso en el medio acuático, para su correcta aplicación, en este sentido se orientan estudios de autores como Barthels (1979), Groot y Van Ingen (1988), Hay (1980), Hollander y cols. (1987) entre otros.

Como se puede deducir de los párrafos anteriores, la biomecánica es una perspectiva científica que se está aplicando al ámbito deportivo en todas sus manifestaciones y, especialmente, a la alta competición deportiva cuando pretende mejorar el rendimiento.

El hecho aislado de nadar, no necesitaría de un análisis tan profundo si no estuviera acompañado de la competición deportiva o de actividades relacionadas con la rehabilitación funcional, lo que obliga a optimizar los medios para desplazarse o relacionarse con el medio acuático. La biomecánica incide directamente en los aspectos relativos a la eficacia del gesto deportivo o técnica, intentando mejorarla y adecuarla a las capacidades individuales por medio de la búsqueda de un modelo ideal individualizado. Junto a la condición física, la técnica es el factor más importante que determina el resultado deportivo siendo, normalmente, lo primero que el deportista aprende.

Los conceptos técnicos relacionados con la natación son, en este momento, el resultado de las observaciones, investigaciones biomecánicas y de interpretaciones de la teoría. Se dan argumentos explicativos con cuya ayuda se pueden elaborar, a partir de



las observaciones en nadadores de élite y los valores de medida obtenidos con métodos biomecánicos, por ejemplo, recorridos acuáticos, diagramas de velocidad-tiempo y diagramas de fuerza-tiempo, los valores biomecánicos límites y su manifestación, con lo que se pueden determinar las características técnicas para un desplazamiento acuático económico y rápido. Reischle (1993) lo explica afirmando:

- ✓ Las técnicas de natación y sus variantes actualmente existentes, fueron “descubiertas” por los nadadores de élite y no fueron desarrolladas en las “mesas” de los biomecánicos.
- ✓ Las preguntas formuladas pueden ser contestadas mediante argumentos biomecánicos, es decir, que los argumentos biomecánicos sirven de ayuda de orientación y de decisión.

En relación a lo anteriormente expuesto, debemos considerar que la teoría biomecánica puede ser utilizada como marco teórico para interpretar los movimientos registrados. La explicación de las causas y efectos de dichos movimientos y la discusión de las variaciones técnicas no serían posibles sin la aplicación de las leyes de la mecánica de los fluidos.

Por otro lado el conocimiento profundo de la biomecánica de la natación nos proporciona información adecuada para poder aplicar correctamente sus principios en el campo de la terapia y rehabilitación física, utilizando o adaptando la técnica a las características individuales de los sujetos tratados. Podemos determinar cómo repercuten en cada caso las leyes físicas en el medio acuático, cómo se pueden utilizar y cuándo hay que vencerlas.

Como ilustración a lo expuesto en los párrafos anteriores, citamos los siguientes ejemplos: el efecto del empuje estático (fuerza de flotación) para descargar las articulaciones (sobre todo columna vertebral), alteraciones en las posiciones de equilibrio y posibilidades de propulsión en las diferentes minusvalías (amputaciones uni o bi laterales, desequilibrios corporales, etc.) o el empleo de las resistencias del agua en el trabajo muscular en descarga, entre otras muchas posibilidades. Es este un campo poco desarrollado aún pero que en los años presentes está tomando un gran auge debido a la importancia social que está adquiriendo el concepto de Actividad Física y Salud.

Surgen así estudios relacionados con el análisis de las lesiones más frecuentes en nadadores tales como las producidas en el hombro (Beekman y Hay, 1988; Pink y cols. 1993; Yanai y cols. 2000; Allegrucci y cols. 1994), la rodilla (Vizsolyi y cols. 1983) o la espalda (Malone, 1992; Cole y Eagleston, 1994). Fuera del ámbito estrictamente deportivo se realizan otros estudios más orientados a buscar las aplicaciones de esta actividad en poblaciones no deportistas, como ejemplo, citar que uno de los mayores beneficios que se le atribuye a la natación en el campo de la terapia física, es ante patologías de columna. Los trabajos de López y Arellano (1997 y 1998) tratan de analizar la incidencia de los movimientos durante el nado crol bajo diferentes condiciones de ejecución sobre la columna vertebral. Considerando, como vemos, que es realmente amplio el espectro de posibilidades que ofrece el medio acuático en el ámbito del deporte para todos, alcanza más relevancia el conocimiento de los mecanismos de movimiento del cuerpo en el agua, con el fin de adecuar su aplicación en función del objetivo perseguido.

En la actualidad, la biomecánica de la natación se encuentra en la fase de comprensión del movimiento deportivo (investigación básica) y se han empezado a desarrollar modelos de técnica óptima en función de algunas características del individuo (investigación aplicada). La primera se caracteriza por la realización de mediciones, registros, filmaciones o evaluaciones de nadadores de diversos niveles, obteniendo diferencias cuantitativas, o bien se miden factores que podrían correlacionarse con un buen resultado en una prueba determinada. La segunda fase intenta conseguir medios para optimizar el rendimiento, utilizando sistemas para modificar conductas técnicas hacia patrones motores más eficaces.

### **1.3.2. *Objetivos de la Biomecánica Deportiva***

Basándose en el planteamiento, inicialmente desarrollado por Fidelus (1982), se podrían describir los siguientes objetivos específicos de la biomecánica deportiva:

**Evaluar** la capacidad física y técnica del deportista estudiando los modelos eficaces, relacionados con los movimientos ejecutados y considerando las características individuales de cada sujeto.

**Analizar**, y si procede, corregir su técnica, desarrollándose la fuerza y la capacidad articular necesaria para la consecución de los objetivos pretendidos.

**Proveer** al deportista de los mejores complementos deportivos a nivel instrumental, material e implementos. Para ello hay que diseñar un equipamiento que dé soluciones eficaces a los diferentes problemas médicos y técnicos.

#### **1.4. Factores biomecánicos que determinan el desplazamiento en el medio acuático**

Como ya definimos anteriormente, la biomecánica se basa en la aplicación de los principios mecánicos sobre estructuras biológicas. Considerando que la mecánica es una parte de la física que trata del movimiento de los cuerpos y de las causas que lo producen, podemos diferenciar en el concepto de mecánica clásica tres áreas con objetivos diferenciados: a) La Estática, que se dedica a estudiar los cuerpos en equilibrio, b) Cinemática que estudia el movimiento de una partícula o sistemas de partículas sin considerar ni hacer referencia a las causas que lo producen y c) Dinámica que se encarga de estudiar las causas físicas del movimiento, es decir, la fuerza. (Gutiérrez, 1998).

La cinemática, como hemos visto, es aquella rama de la mecánica que se encarga de la descripción espacial y temporal de los componentes del movimiento. Esta descripción incluye conceptos como la posición, la velocidad y la aceleración de un cuerpo, sin considerar las causas generadoras del movimiento, es decir, sin analizar las fuerzas como elementos generadores del movimiento.

Según Soto (1998) el análisis cinemático puede ser de dos tipos, dependiendo del tiempo requerido para la obtención de los resultados: a) Cualitativo. B) Cuantitativo. En el primer caso se realiza una descripción no numérica del gesto, basada en la observación directa, implicando cierta subjetividad. En cambio, el análisis cuantitativo implica la obtención de resultados numéricos objetivos, deducidos a partir de una recogida de muestras durante la ejecución del movimiento. Esta obtención de datos suele ser realizada mediante técnicas más o menos sofisticadas. El resultado es la obtención de parámetros mucho más precisos, de los cuales se extraen conclusiones fidedignas acerca de los factores que determinan el rendimiento.

Según la dicotomía indicada con respecto al análisis cinemático, en nuestro estudio se pretende hacer un análisis cuantitativo de determinadas técnicas de ejecución, sin pretender valorar ni cuantificar las fuerzas generadas por el nadador durante el desarrollo de las acciones.

#### **1.4.1. Bases mecánicas de análisis**

Cuando hablamos de biomecánica aplicada a la actividad física y el deporte tenemos que hacer referencia al concepto de sistema coordinado del cuerpo humano como objeto de estudio.

Siguiendo a Gutiérrez (1998) se entiende por sistema coordinado, un conjunto de segmentos que están relacionados entre sí para su estudio. Los sistemas coordinados se organizan en función de las peculiaridades del estudio, así es posible definir como sistema coordinado de estudio sólo un segmento corporal, varios segmentos corporales, o los segmentos que determinan el cuerpo humano más, según modelo, algún implemento como otro segmento más.

Cuando se define un sistema coordinado, las fuerzas que interaccionan con él se organizan en dos tipos:

- ✓ Fuerzas Internas al sistema: aquellas ejercidas sobre el sistema por cuerpos o segmentos que pertenecen al propio sistema de estudio. Son parejas y la suma de todas ellas es igual a cero.
  
- ✓ Fuerzas Externas al sistema: aquellas ejercidas sobre el sistema de estudio por otros cuerpos que no pertenecen al sistema. Son parejas, ya que cualquier cuerpo que ejerce una fuerza sobre otro provoca en el segundo una fuerza igual en magnitud y dirección, aunque con sentido opuesto. Siendo, entre otras, las siguientes: a) Fuerza ofrecida por la gravedad, b) fuerzas ofrecidas por sólidos externos, c) fuerzas debidas a los fluidos, d) fuerzas magnéticas, etc.

En el caso de un nadador desplazándose a través del agua, donde las fuerzas ascensionales e hidrodinámicas cobran especial importancia, se toma en consideración el diagrama de fuerzas mostrado en la Figura 1 (Arellano, 1992).

Es necesario considerar que la fuerza propulsiva, la fuerza de resistencia y la fuerza aplicada sobre un sólido externo se pueden descomponer en una componente horizontal y otra vertical, la fuerza de flotación y la fuerza peso sólo tienen dirección vertical.

Cuando hacemos referencia al análisis cinemático, hablamos necesariamente del concepto de movimiento. Un cuerpo se encuentra en movimiento cuando ocupa un espacio o una posición diferente en un tiempo diferente, con respecto a un sistema de referencia. En este sentido es necesario considerar que para poder determinar y cuantificar esos cambios de posición o desplazamiento es imprescindible la existencia de un sistema de referencia con respecto al cual puedan establecerse los cálculos espaciales necesarios. Un sistema de referencia permite, por tanto, tres funciones: a) conocer la posición o ubicación de un objeto en el espacio, b) cuantificar el posible movimiento generado por los móviles y c) conocer el sentido del desplazamiento. Determinando los dos estados fundamentales en los cuales puede encontrarse un objeto en el espacio: a) el reposo y b) el movimiento (Soto, 1998).

Los sistemas de referencia inerciales más habituales en biomecánica deportiva están basados en coordenadas cartesianas, las cuales definen sistemas de referencias rectangulares de dos tipos: a) bidimensionales, representados por dos ejes imaginarios perpendiculares y que definen un único plano y b) tridimensionales, representados por tres ejes imaginarios perpendiculares entre sí y que delimitan tres planos en el espacio. (La figura 1.7 presenta una representación de los ejes y planos de un sistema de referencia tridimensional).

Si observamos a los nadadores comprobaremos que sus manos se mueven con trayectorias concretas y definidas que pueden ser proyectadas en planos y analizadas. Teniendo en cuenta un sistema de referencia tridimensional, esas trayectorias pueden ser observadas desde tres planos diferentes. (Fig. 1.8.)

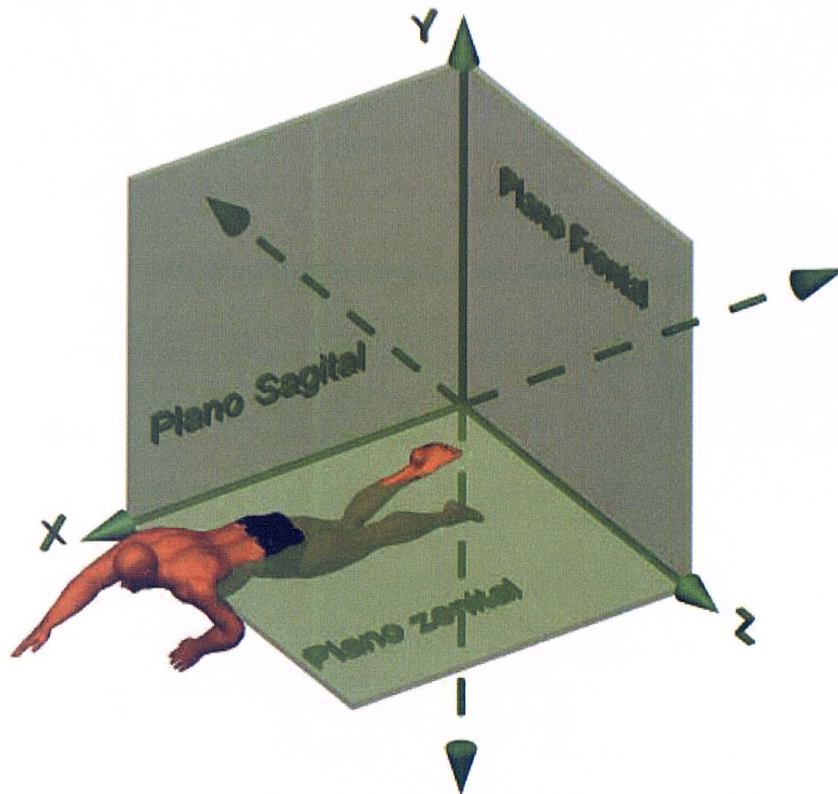


Figura 1.7. Representación de los planos y ejes del sistema de referencia utilizado.

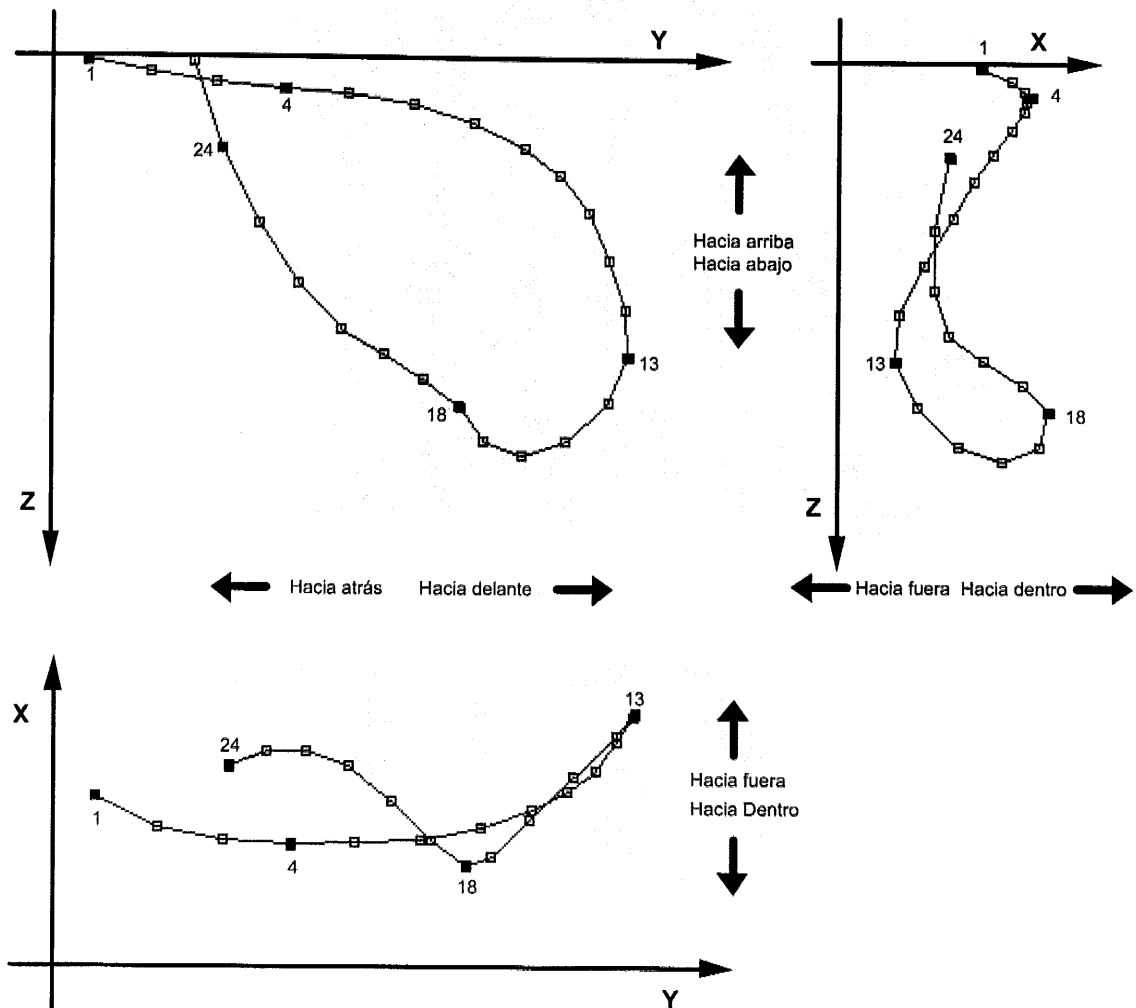


Figura 1.8. Proyección de las trayectorias propulsivas en los distintos planos de una nadadora del Equipo Nacional de natación (según (Arellano & Pardillo, 1990) Planos: (Y,Z) Sagital, (X,Z) Frontal; (X,Y) Horizontal. Cada punto se digitalizó en intervalos de 1/25 s. Fase de Entrada: 1-4. Fase de Extensión: 5-8. Fase hacia abajo: 9-13. Fase hacia dentro: 13-18. Fase hacia arriba: 18-24.

Siguiendo la clasificación de Soto (1998) Los sistemas de referencia pueden ser de tres tipos:

- ✓ **Inerciales:** implica que su origen de coordenadas (punto de intersección de los ejes que lo forman) no está sometido a aceleraciones, es decir, que su velocidad es constante, pudiendo ser igual a cero o distinta de cero.
- ✓ **No inerciales:** son aquellos sometidos a aceleraciones lineales o centrípetas, lo cual significa que su origen de coordenadas no está en reposo o mantiene una velocidad constante.
- ✓ **Cuasi-inerciales:** son una abstracción de los sistemas inerciales, en la cual se asume que el sistema está sometido a aceleraciones, aunque éstas sean mínimas y posiblemente despreciables.

Según esta clasificación para describir los movimientos que realiza el nadador en el agua se utilizan frecuentemente:

- ✓ un sistema de referencia no inercial, establecido en el propio cuerpo del nadador y que nos permite observar los desplazamientos, por ejemplo, de la mano en relación al cuerpo, es el sistema de referencia más frecuentemente utilizado para comunicarse el entrenador y el nadador; y,
- ✓ inercial, que en natación suele ubicarse en el agua haciendo coincidir su eje longitudinal con el borde de la piscina y es importante para el análisis técnico y biomecánico y por lo tanto el que utilizaremos en nuestro estudio.

#### **1.4.2. Técnicas utilizadas por la biomecánica en el estudio de la natación**

Como se ha comentado en apartados anteriores, el medio acuático presenta unas condiciones diferentes que han condicionado o limitado la evolución paralela, desde el punto de vista científico, del estudio de la natación con otras especialidades deportivas.

Estas diferencias hacen que el estudio de la natación presente problemas muy diferentes a los que se encuentran en el análisis del movimiento en tierra. La locomoción animal se basa en la asunción de la existencia de la fuerza de reacción del suelo y de la realización de movimientos de segmentos corporales, desarrollándose ecuaciones que relacionan los movimientos observados con las fuerzas musculares



ejercidas. En el caso del movimiento a través del agua, las condiciones para desplazarse son diferentes (Arellano, 1992).

Por otro lado, encontramos que el medio acuático dificulta la utilización de medios de análisis que se pueden usar directamente en el medio terrestre, considerando que la mayor parte del cuerpo del deportista se encuentra sumergida y que es bajo el agua donde ocurren las acciones mecánicas que producen el desplazamiento, podremos darnos cuenta de que para su observación, registro, medición de variables, etc, debemos disponer de instrumental sumergible o técnicas que permitan registrar directamente cualquier elemento de análisis interesante de los movimientos bajo el agua.

Podemos concluir, que existen mayores problemas de precisión al analizar el movimiento bajo el agua. Esto ha provocado que durante muchos años, hasta finales de los años 60 los intentos de descripción de la mecánica de la brazada en los diferentes estilos se basaban exclusivamente en juicios de carácter empírico. Los investigadores trataban de explicar las acciones de los nadadores basándose en la observación exterior de sus ejecuciones.

Si bien la observación exterior permite realizar análisis cinemáticos donde se describen posiciones, desplazamientos, velocidades y aceleraciones, siendo numerosos estos estudios en los inicios, (Sanders, 1968; East, 1970; Miyashita, 1971; Welch, 1974; Krueger, 1973; Curry, 1975; Clermont, 1978...), no son suficientes como para elaborar conclusiones en cuanto a los movimientos que el nadador realiza bajo el agua.

Esta situación cambió cuando Counsilman (1968) aplicó las leyes científicas al desarrollo de las nuevas teorías acerca de la propulsión hidrodinámica.

Los primeros estudios de la técnica subacuática los llevó a cabo Counsilman (1968) con secuencias fotográficas de los mejores nadadores del mundo portando en sus manos luces de flash. Posteriormente Schleihauf (1974) emplea por primera vez técnicas cinematográficas con el mismo fin.

El ánimo de los investigadores por mejorar las condiciones y los resultados de sus trabajos les lleva a idear métodos que permitan visualizar mejor el nado a través de técnicas como la fotografía con luces que, después de Counsilman, también emplean autores como Hocke y Gruendler (1974) o Reischle (1979); o incluso crear mecanismos con distintos fines: Belokousky (1975) utiliza un aparato hidrocínético para el estudio y mejora del movimiento de piernas en braza; Boicev y Tzvetkov (1975) presentan la instrumentación y el método para una completa investigación en natación, desarrollando tres mecanismos diferentes: a) uno para la medición de presiones instantáneas, b) otro para el análisis de gases durante la respiración y c) otro para la medición de la velocidad de nado en cada fase de brazada. Kent (1975) para tratar de medir de forma instantánea la velocidad del nadador desarrolla un dispositivo que se fija en su cintura.

Avanzando en el tiempo comienza a surgir el uso del vídeo, Koigerov (1978) utiliza un equipamiento móvil para el análisis de la técnica en natación que permite grabar simultáneamente sobre y bajo el agua.

Por otro lado, surge también la necesidad de buscar medios de observación fácil y directa de los movimientos realizados por los nadadores bajo el agua por parte de los entrenadores para su inmediata evaluación y corrección. En este sentido, Dal Monte (1971) describe un sofisticado aparato que realiza grabaciones cinematográficas en un plano perpendicular al movimiento del nadador y a la misma velocidad de desplazamiento del nadador en el agua.

McIntyre y Hay (1975) desarrollan un sistema de periscopio inverso que se sumerge y permite observar al nadador y Vertommen y cols. (1983) describen un mecanismo fácil y económico que permite ser sumergido y captar imágenes bajo agua, dicho mecanismo consiste en la fabricación de una caja de metacrilato transparente en la que se introduce la cámara de vídeo directamente conectada a un monitor con lo que simultáneamente a la grabación las imágenes pueden ser observadas.

Afortunadamente con la instalación de ventanillas subacuáticas en las paredes laterales y frontales de los vasos y la creación de cámaras sumergibles en carcasas subacuáticas se facilita la labor de realizar grabaciones bajo agua para su observación y

posterior análisis con mayor precisión y permitiendo realizar digitalizaciones y obtener trayectorias bidimensionales y tridimensionales de los movimientos realizados por los nadadores durante sus ejecuciones, (Schleihauf, y cols. 1983; Maglischo, 1984; Schleihauf, 1984; Cappaert, y cols. 1995).

A pesar del avance que indudablemente se ha producido en el tiempo, todavía existen campos con ciertas dificultades: Reischle (1993) así lo expone textualmente *“El análisis biomecánico cuantitativo completo, como condición indispensable para la construcción completa de cierto modelo técnico, es por ahora imposible para las técnicas de natación, debido a su desarrollo complejo y a las limitaciones en los métodos de medición”*. *“Las limitaciones en los métodos de medición impiden, entre otras cosas, la formulación completa de los momentos, dependientes del tiempo, de propulsión y de frenado, que resultan de los movimientos de la rotación articular.”*

Por otro lado, el comportamiento físico del medio acuático ha condicionado también la evolución de estos estudios teniendo que analizar la dinámica y la influencia de este medio al circular alrededor del sólido que se desplaza (Wodd, 1979; Ungerechts, 1983, 1985; Colwin, 1985; Pai y Hay, 1988).

La creación de túneles de flujo de agua, piscinas de corrientes, han contribuido al avance de los conocimientos de hidrodinámica (Di Jian, 1991), permitiendo analizar las fuerzas propulsivas que el nadador ejerce durante sus acciones (Takagi, H y cols., 1999; Monteil y cols. 1993), las fuerzas de resistencia (Niklas y cols. 1993), el régimen de circulación del agua colocando filamentos en todo el cuerpo del nadador (Hay y Thayer, 1989), la formación de turbulencias y vórtices (Colwin, 1984; Arellano, 1999), la formación de olas durante el nado (Omichi, y cols. 1983; Firby, 1975; Sanders y cols. 1995).

En la figura 1.9 se presenta un esquema de las técnicas de análisis citadas. Son procedimientos que determinan la mayor o menor eficacia del movimiento humano dentro del agua y que por lo tanto ha sido de gran utilidad conocer para poder optimizar su evolución en este medio.



Figura 1.9. Esquema de la evolución de las técnicas de análisis empleadas.

## **1.5. Descripción técnica del estilo crol**

Ya hemos comentado anteriormente cómo los autores han ido estudiando, mediante cinematografía, los movimientos de los mejores nadadores del mundo a lo largo de los años, tratando de describir un modelo técnico teórico que sirva de referencia para el aprendizaje y perfeccionamiento de los deportistas. La terminología empleada para tal fin es variada, sobre todo teniendo en cuenta la variabilidad en el idioma de los autores y que en la mayoría de los casos la traducción de los términos originales puede suponer un significado muy diferente o no relacionado con la natación.

Con respecto a las fases que determinan el ciclo del nado, en castellano se suele utilizar la terminología empleada por Navarro (1978): a) Fase propulsiva: entrada-agarre-tirón-empuje y, b) Fase de recobro. Publicaciones más recientes de autores de reconocido prestigio como Costill y cols. (1994) o Vorontsov y Rumyantsev, (2000) denominan las fases aprovechando las diferentes acciones de la mano en el agua, utilizando verbos que describen los movimientos verticales y laterales de las extremidades.

Muestran así la verdadera naturaleza de estos movimientos y su traducción es bastante precisa. Por estos motivos, en la presente tesis se empleará esta última terminología (Figura 1.10).

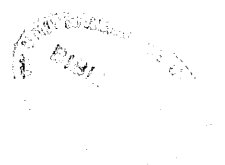
### **1.5.1 *Acciones de las Extremidades Superiores***

El ciclo de movimiento realizado por un brazo se divide en dos fases generales: una subacuática y otra aérea. En la primera el nadador mueve sus brazos hacia atrás por debajo del nivel del agua para conseguir aplicar fuerza propulsiva y avanzar hacia delante. En la segunda mueve sus brazos por fuera del agua hacia delante minimizando el esfuerzo realizado para colocar su brazo otra vez en posición adecuada para iniciar la fase subacuática.

<b>Propulsiva Inicial</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hacia abajo*</li></ul>
<b>Propulsiva Principal</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hacia dentro</li><li>• Hacia arriba**</li></ul>
<b>Recobro</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Emersión y movimiento adelante</li><li>• Entrada y extensión adelante</li></ul>

**\* Puede ser también hacia abajo y afuera**  
**\*\* Se divide a su vez en dos acciones:**  
1) Atrás + afuera  
2) Atrás + afuera + arriba

**Figura 1.10. Fases descritas en el movimiento propulsivo del estilo crol (Arellano, 2001)**



### *1.5.1.1. Acción Propulsiva Inicial. Movimiento hacia abajo*

Comienza justo al finalizar la propulsión del brazo contrario. El brazo colocado delante se mueve hacia abajo a la vez que se realiza una gradual flexión de la muñeca y en menor grado del codo. Simultáneamente se realiza la rotación interna del húmero, lo que permite que la mano descienda con más velocidad que el codo adopta una posición de "codo alto", tal como la denominó Counsilman (1968). Esta posición hace que tanto la superficie de la palma de la mano como la del antebrazo se dirijan hacia atrás, haciendo que el agua fluya por delante y detrás de la mano y del antebrazo con lo que es posible generar sustentación, aunque los valores de la fuerza propulsiva eficaz serán todavía pequeños. El agua, por tanto, se mueve relativa a la mano desde las extremidades distales de los dedos a la muñeca y antebrazo. La mano realiza una ligera pronación por efecto de la rotación citada anteriormente del húmero a la vez que además de moverse hacia abajo se dirige ligeramente hacia fuera (Costill, Maglischo, y Richardson, 1992) con lo que el hombro se desplaza describiendo un arco por efecto de la rotación que realiza el tronco. Esta fase se puede considerar como preparatoria para la que prosigue en que la fuerza aplicada será mayor.

### *1.5.1.2. Movimiento hacia dentro*

Es la fase donde el nadador comienza realmente a aplicar una fuerza propulsiva notable. La mano dibuja una trayectoria semicircular (Maglischo, 1982) iniciándose en el final de la fase anterior en la que el brazo se encontraba delante de su propio hombro. Ahora realiza un movimiento diagonal hacia adentro de manera que el brazo se coloca debajo de la línea media del cuerpo. La mano que se encontraba con la palma ligeramente orientada hacia afuera (en pronación) realiza inicialmente una supinación que hace que su palma se oriente ahora hacia adentro y atrás. Esta orientación permite que el agua fluya por el dorso y la palma de la mano desde el pulgar al dedo meñique. Un ángulo de ataque adecuado hace posible que la fuerza propulsiva se dirija hacia delante.

Lo que en la fase anterior se caracterizó por un movimiento casi aislado de la mano y antebrazo, ahora se convierte en un movimiento conjunto de la extremidad superior debiendo intervenir los grandes músculos del hombro fundamentalmente

pectoral mayor y dorsal ancho, manteniendo la posición de codo alto (rotación interna del húmero) el músculo deltoides (porción media principalmente).

Este desplazamiento lateral (hacia adentro) de la extremidad superior, permite que la mano se desplace muy poco hacia atrás, lo que al contraerse los músculos anteriormente citados produce un desplazamiento del tronco hacia adelante. Esta situación es similar a la que sucede al apoyarse en un soporte fijo bajo el agua. El codo durante este movimiento se flexiona progresivamente alcanzando al final entre 90° y 120° (Haljand, 1984). Los nadadores especializados en distancias de competición cortas (50 y 100 m) se caracterizan por valores de flexión menores (mayores ángulos en el codo) que los nadadores especializados en distancias más largas (800 y 1500 m) (Wilke, 1991). El nadador acelera progresivamente su mano a lo largo de esta fase, situación que continuará en la siguiente fase.

El problema que nos encontramos es que la mano cruza por debajo del cuerpo de diferentes maneras: cruza hasta sobrepasar con claridad la línea media del cuerpo, cruza hasta llegar a la línea media o cruza sin alcanzar la línea media. Esto es algo que ya describió (Counsilman, 1968) observando a nadadores de elite. Si analizamos el problema sólo desde el punto de vista teórico, un recorrido mayor hacia adentro proporcionaría más propulsión, pero en algunos nadadores sobrepasar ciertos límites les supone la imposibilidad de aplicar fuerza eficazmente (su mano pierde el ángulo de ataque idóneo) con lo que ello no le produce más propulsión pero sí fuerzas laterales que desalinean su cuerpo. Sin embargo, otros nadadores consiguen fuerzas mayores en este punto, consiguiendo al final los dos nadadores valores de fuerza totales y velocidades de desplazamiento similares. En general, parece que lo adecuado es que la mano se aproxime a la línea media del cuerpo al final del movimiento hacia dentro. Este es uno de los aspectos donde nos encontramos con grandes diferencias entre los brazos de un mismo nadador. Esto se debe fundamentalmente a que:

- ✓ El nadador respira habitualmente por un solo lado lo que provoca una rotación mayor hacia ese sentido del tronco con lo que el brazo del lado por donde se respira cruza por debajo del tronco menos de lo que lo hace el brazo contrario.



- ✓ Las diferencias debidas a la lateralidad dominante producen una mayor capacidad para sentir la presión del agua en un brazo sobre el otro, lo que produce también diferencias en el grado de movimiento hacia adentro que realiza cada brazo, sin hablar de las diferencias en la propia fuerza muscular.

Este detalle se observa principalmente en la posición rígida en que debe mantenerse la muñeca con el fin de que la presión a la que es sometida la palma de la mano no haga cambiar la posición de la misma y disminuya su capacidad propulsiva (Haljand, 1984). La flexión del codo hace que al acortarse la distancia con el punto de aplicación de la fuerza (la mano) el momento disminuya ( $f \cdot d$ ) con lo que puede aplicarse más fuerza propulsiva a igual fuerza muscular ejercida (Counsilman, 1968; Counsilman, 1977; Firby, 1975; Vorontsov y Rumyantsev, 2000).

El brazo cruza más hacia adentro en los nadadores que al realizar la transición inter-fase (abajo y adentro) tardan más tiempo en orientar su mano hacia atrás y adentro. Esta situación impide aplicar suficiente fuerza propulsiva durante los instantes siguientes a la transición, con lo que el movimiento hacia dentro tiende a prolongarse más tiempo posteriormente, llegando a cruzar la línea media del cuerpo. En el caso contrario el nadador aplica su fuerza con anterioridad y puede cambiar a la siguiente fase con antelación.

Debe recordarse que la mano en esta fase aunque se mueve hacia adentro también lo hace hacia atrás y algo hacia arriba al final en los nadadores que más flexionan sus codos. Hay que tener precaución para no acercarse demasiado al cuerpo lo que produciría el lanzamiento de agua en movimiento contra el cuerpo (tronco) provocando el aumento de la resistencia localmente (Counsilman, 1977). La fuerza propulsiva actúa en una dirección muy próxima a la del desplazamiento del nadador (Hay, 1986).

#### *1.5.1.3. Movimiento hacia arriba*

El movimiento hacia arriba es la segunda y última fase propulsiva del estilo crol (Costill y cols., 1992). La mano se movía en la fase anterior cruzando o llegando a la línea media del cuerpo, ahora la mano vuelve a dirigirse hacia fuera. Este movimiento inicialmente es en realidad hacia fuera, atrás y ligeramente hacia arriba, para luego

predominar el movimiento hacia arriba con componentes menores hacia atrás y arriba. La mano comienza esta fase debajo del abdomen a una cierta profundidad. La mano se mueve hacia la parte lateral externa de la cadera, primero lateralmente y luego con gran predominio del movimiento hacia arriba. Para que esta dirección de desplazamiento sea eficaz, desde el punto de vista propulsivo, la mano debe realizar una pronación, para colocar un ángulo de azimut adecuado, de manera que el agua ahora circule desde la eminencia hipotenar hasta el pulgar al desplazarse la mano hacia fuera y atrás, y desde la muñeca hacia los dedos, al desplazarse la mano hacia arriba, atrás y afuera.

En esta fase el brazo se extiende, pero sin llegar a la completa extensión (tal como se cree popularmente). El hacerlo supondría que la dirección de la mano cambiara y disminuyera su capacidad propulsiva. La mano alcanza en esta fase la máxima velocidad tanto con relación al cuerpo (Counsilman y Wasilak, 1982) como con relación al espacio (Schleihauf y cols. 1983). La fuerza muscular aplicada por los músculos que mueven el brazo propulsor, junto con la rotación sobre el eje longitudinal del tronco, hace que se consigan los citados valores de velocidad. Los valores tan altos de velocidad junto con un correcto ángulo de ataque hacen que se consigan los valores máximos de fuerza.

#### *1.5.1.4. Recobro. Emersión y movimiento hacia delante*

El recobro propiamente dicho comienza antes de que la mano salga del agua, justo en el momento en que el hombro y el codo emergen. En este momento la mano se relaja (deja de sentir presión en la palma), de manera que trata de ofrecer la menor resistencia posible. Si el nadador intentara aplicar fuerza en esta fase, ésta para lo único que serviría es para empujar agua hacia arriba (salpicar), produciendo una reacción en el cuerpo de hundimiento. El nadador para evitarlo además de relajar los músculos que flexionan la muñeca, gira la palma de la mano (realizando una supinación), de tal manera que la palma se dirige al muslo (Counsilman, 1977) con lo que se reduce notablemente la resistencia de forma de la misma mano. En esta posición es el dedo meñique el primero que sale del agua.

Al salir el codo del agua, éste comienza a flexionarse y elevarse. Debe tenerse en cuenta que el hombro por efecto de la rotación longitudinal del tronco, ya salió del agua al final de la fase anterior, facilitando este hecho todo el recobro, ya que durante toda la

fase el hombro se mantendrá fuera del agua. Los músculos del hombro son realmente los motores de esta fase, desplazarán el brazo y antebrazo hacia delante. El brazo se traslada hacia delante describiendo un arco en un plano próximo al vertical, y el antebrazo se desplaza de una forma relajada adelante, pero con movimiento similar al del péndulo, siendo el centro de giro el codo y la mano el extremo inferior del mismo. Por tanto los arcos descritos por los dos movimientos tienen distintos centros de giro (hombro y codo) y distinto sentido de giro.

En la primera mitad del recobro, el brazo se mueve por delante del antebrazo, en la zona media el brazo y el antebrazo se mueven casi paralelamente, y en la fase final el antebrazo se adelanta al brazo, preparándose para la entrada en el agua. Para ello el codo se mantiene por encima del antebrazo y mano, y la mano rota hacia fuera (realiza una ligera pronación).

Debe recordarse que el recobro es una fase sólo preparatoria y no propulsiva con lo que la actividad muscular y energía utilizados para su realización deben de ser mínimos.

Se puede observar una ligera asimetría entre los brazos, en esta fase, debido a la realización de la respiración lateral. Normalmente el brazo del lado por el que se respira recobra más alto que el del brazo contrario. La rotación de los hombros sobre el eje longitudinal aumenta para permitir la inspiración sin un excesivo giro del cuello. Aunque (Costill y cols., 1992) recomiendan la mejora en la frecuencia de ciclo por medio del incremento de la velocidad de desplazamiento de la mano durante la fase propulsiva, estudios realizados por (Jahnig, 1987) demuestran que cuando un nadador aumenta su frecuencia las fases propulsivas mantienen su duración constante, disminuyendo el tiempo de las fases de recobro, entrada y extensión.

#### *1.5.1.5. Entrada y extensión*

La entrada del brazo en el agua se produce delante del hombro del nadador con el codo ligeramente flexionado y la palma de la mano dirigida hacia fuera y abajo. La inclinación del plano de la mano con respecto al agua es aproximadamente de 45° (Counsilman, 1977) en el momento del contacto con la superficie. El grado de flexión del codo (en posición más alta que la mano) será tal que la extremidad distal de los

dedos toque el agua a una distancia que corresponde aproximadamente a la longitud del brazo medido hasta la muñeca. Esta posición se consigue gracias a la rotación interna del húmero estando el brazo en una posición alineada con el tronco. El que entren primeramente los dedos, para seguir mano, muñeca, antebrazo y codo garantiza la disminución de la turbulencia que pudiera crearse alrededor de la mano (lo que disminuiría la eficacia propulsiva en las siguientes fases) y aumentaría la resistencia.

Dado que el cuerpo se mueve hacia delante a una velocidad dada, el brazo durante esta fase se mueve a mayor velocidad relativa al cuerpo por lo que su resistencia total se ve aumentada (Maglischo, 1982). El brazo debe dirigir su extensión hacia delante hasta que consiga la máxima distancia recorrida (cualquier punto en que la mano se encuentre entre la mitad del hombro y de la cabeza podrá considerarse adecuado). En este punto hay dos factores que deben ser controlados por el nadador: a) evitar que el brazo se extienda cruzándose por delante de la cabeza (Costill y cols., 1992) lo que produciría desplazamientos laterales del tronco, y b) evitar el excesivo desplazamiento de la mano hacia adelante fruto del adelantamiento del brazo y el hombro (con desplazamiento lateral de la escápula) (Counsilman, 1968) lo que produciría un efecto similar al anterior.

El brazo se extiende hacia adelante justo por debajo de la superficie del agua (a profundidad suficiente para producir la menor turbulencia o el menor oleaje posible). Durante ese movimiento la palma de la mano se encuentra dirigida hacia el fondo y prácticamente horizontal, esto genera una cierta sustentación que es utilizada por el nadador para mantenerse cerca de la superficie del agua. Esta fase debe continuar hasta que el brazo contrario finaliza su fase propulsiva (Haljand, 1984).

La fase finalizaría con el hombro y el codo a la misma profundidad y la mano ligeramente más hundida (Haljand, 1984). La profundidad máxima no debe ser superior a la de la parte más profunda del tronco (lo que aumentaría la resistencia de forma del nadador al no ser una fase propulsiva). La profundidad de la mano debería ser de unos 20 - 30 cm y es similar a la del pie contrario que se encuentra en ese momento en la fase descendente del batido.

Esto asegura la coordinación cruzada entre brazos y piernas similar a la que ocurre al lanzar un balón (Persyn, 1974), con lo que permanece el equilibrio en las fuerzas internas del nadador permaneciendo la dirección de desplazamiento en un plano horizontal. La posición de los hombros es horizontal al finalizar esta fase (Persyn y cols. 1979).

### **1.5.2. Coordinación**

Los movimientos alternativos en las acciones de los brazos y de las piernas deben coordinarse con la rotación del cuerpo y viceversa para facilitar las acciones propulsivas, la respiración y mantener al mismo tiempo el cuerpo en una posición lo más hidrodinámica posible durante cada ciclo de tracción, reduciendo la posibilidad de incrementar la resistencia.

#### *1.5.2.1. Extremidades superiores y las acciones respiratorias*

La acción respiratoria se coordina de la siguiente manera:

- ✓ La cabeza comienza el giro para sacar la boca del agua instantes después de que el brazo contrario al de la respiración entra en el agua, lo que permite observar la entrada y extensión de dicho brazo.
- ✓ La inspiración se produce en los primeros instantes del recobro tras haber salido el codo del mismo lado fuera del agua.
- ✓ La espiración se realiza de forma continuada durante la tracción, siendo más intensa justo antes de sacar la cara del agua.
- ✓ La cabeza vuelve a girar para colocarse dirigida hacia delante antes de que el brazo de recobro entre otra vez en el agua, esto permite observar la entrada del otro brazo también.

Las acciones motrices que componen el estilo crol deben de realizarse de una forma fluida y económica, a pesar de la posible variedad y complejidad de esta forma de

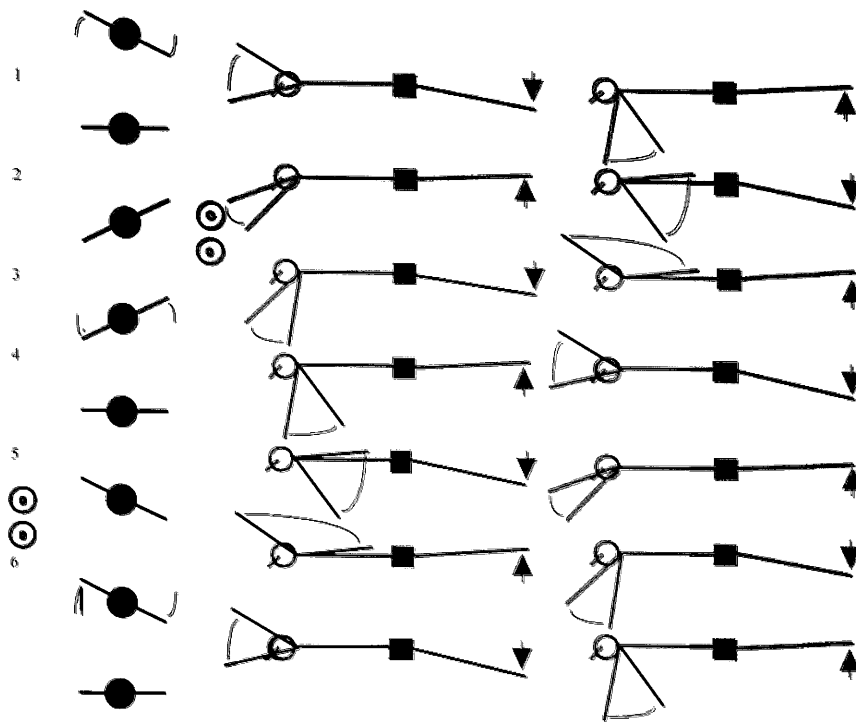


Figura 1.11. Diagrama de coordinación entre brazos y piernas en un ciclo del estilo crol. La primera columna representa la rotación de los hombros, junto con los momentos en que se realiza la inspiración (representados por círculos). La segunda columna representa la posición relativa del brazo y pierna derecha. La tercera columna representa la posición relativa del brazo y pierna izquierda.

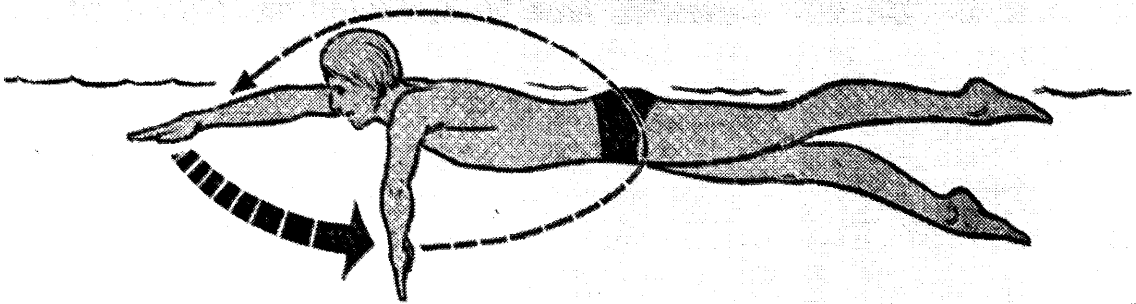
### 1.5.2.2. Brazo – Brazo

La máxima eficiencia al desplazarse a través del agua se obtiene por medio de una uniformidad propulsiva óptima junto con una adecuada posición hidrodinámica del cuerpo. La coordinación de los movimientos de las extremidades superiores entre sí, sincronizada con la rotación longitudinal del tronco, posibilita la citada eficiencia.

Un brazo debe entrar en el agua en el momento que el otro se encuentra en la mitad de su movimiento hacia dentro (Firby, 1975; Costill y cols., 1992) ¿Qué se consigue coordinando estas dos acciones? Los hombros parten de una posición horizontal. Antes que la mano correspondiente comience su movimiento hacia arriba, el hombro del mismo lado se levanta (rota el tronco en ese sentido), de manera que mientras que el brazo que entró en el agua se desplaza hacia delante, el otro realiza el movimiento hacia arriba. Esto permite que la fuerza aplicada por el brazo en este momento sea muy eficaz, ya que el brazo propulsor aplica una gran fuerza en una dirección adecuada, y el brazo que entró en el agua se desplaza hacia delante generando sustentación, lo que sirve de "apoyo" para que el cuerpo mantenga una posición elevada en el agua y por tanto de menor resistencia. Además en esta posición la longitud total corporal aumenta lo que disminuye la resistencia relativa.

En la figura 1.12 se puede observar la manera de cuantificar el ángulo que forman los dos brazos cuando uno de ellos ha finalizado la entrada. Este ángulo es variable en función de las características de la técnica del nadador. Por ejemplo, los nadadores de pruebas de velocidad tienden a un ángulo entre brazos menor de  $90^\circ$  y los nadadores de pruebas de fondo tienden a valores mayores de  $90^\circ$ . La media de nadadores obtiene valores próximos a  $90^\circ$ , independientemente de la especialidad. Daly (1984) en su tesis doctoral analizó un numeroso grupo de nadadoras de nivel internacional, relacionando el ángulo citado anteriormente con la coordinación entre las extremidades superiores e inferiores y obtuvo los siguientes resultados: 1) coordinación de dos tiempos ( $117^\circ \pm 11^\circ$ ); 2) seis tiempos ( $106^\circ \pm 14^\circ$ ); 3) combinada (4 tiempos) ( $87^\circ \pm 10^\circ$ ).

Las diferencias observadas por el hecho de que por uno de los lados el nadador gira la cabeza para respirar, también pueden repercutir en el ángulo que forman los dos brazos.



**Figura 1.12. Coordinación genérica brazo - brazo de 90° según Firby (1975). Las tipos de flechas indican una igual duración a pesar de que las distancias recorridas son muy diferentes.**

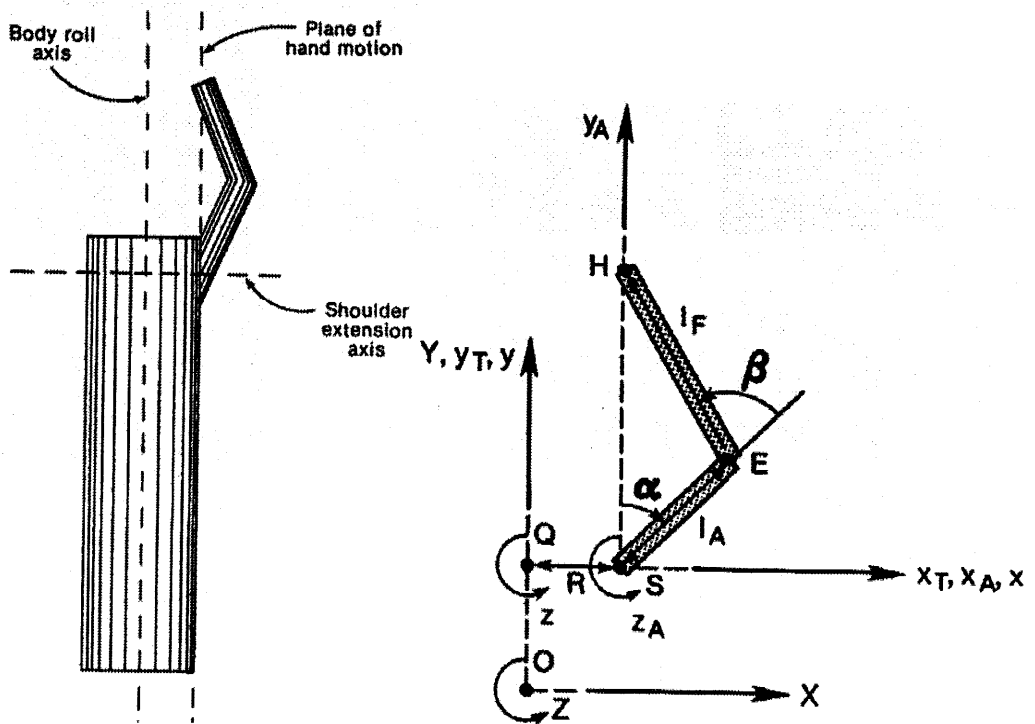


## 1.6. El problema de la rotación longitudinal del cuerpo en el estilo crol

En los últimos años se ha tratado de analizar la relación existente entre la rotación longitudinal del tronco en el estilo crol y diversas variables cinemáticas de la trayectoria propulsiva. Un estudio preliminar de Hay y cols. (1993) en el que se utilizó un modelo de dos segmentos cilíndricos (ver figura 1.13) permitió observar por medio de la filmación tridimensional que efecto producía en la trayectoria del brazo mecánico la rotación del cilindro que representaba al tronco. Este estudio demostró que si el codo está flexionado  $30^\circ$  ( $180^\circ-30^\circ$ ) sólo es necesario un ángulo de  $20^\circ$  de rotación del tronco para conseguir que la extremidad distal de este brazo mecánico llegue a cortar el eje Y del cuerpo del nadador y que a mayor rotación longitudinal de cuerpo mayor es la desviación medio-lateral de la extremidad distal del brazo mecánico.

Este valor tan pequeño de rotación del tronco contrasta con los descritos por muchos autores dónde los valores oscilan entre  $35^\circ$  hasta  $59.7^\circ$  en el lado de respiración. Así mismo, se citan diferencias de más de  $10^\circ$  entre el brazo por donde respira en comparación con brazo por donde no se respira. Los nadadores pueden obtener desplazamientos medio laterales del brazo sin mover el brazo relativamente al tronco o lo que es lo mismo sin disminuir  $\alpha$ , o sin incrementar  $\beta$ .

En los casos en que el nadador por demasiada rotación longitudinal excede el desplazamiento medio lateral de la mano deberá mover el brazo lateralmente hacia fuera en relación al tronco. El artículo finaliza afirmando que se debería dar más consideración a la hora de estudiar la trayectoria propulsiva de la mano a la influencia de la rotación longitudinal del tronco y menos a los movimientos relativos del brazo.



**Figura 1.13. Modelo cilíndrico de dos segmentos utilizado por Hay, Liu y Andrews (1993).** Donde el tronco y el brazo derecho son representados por dos cilindros rígidos cuya unión representa la articulación del hombro. El cilindro que representa al brazo puede a su vez flexionarse a diferentes ángulos, tal como se ve en la figura de la derecha.

En un estudio experimental filmando a diez nadadores Liu y cols. (1993) trataron de verificar los resultados obtenidos en el anterior estudio realizado utilizando un modelo cilíndrico. Las variables medidas se describen en la figura 1.14. En este grupo de nadadores los valores de rotación del tronco oscilaron entre  $51.5^\circ$  y  $66.0^\circ$  ( $\bar{x}=60.8^\circ$ ) en el lado sin respiración, valores que excedían los registrados en la bibliografía. Los valores máximos de rotación se registraron entre el 45 y 50 por ciento del tiempo total de la fase acuática. Hasta el 80% del total de la tracción la variabilidad entre los nadadores en la rotación del tronco era pequeña ( $3.9^\circ$ - $6.4^\circ$ ), en el último 20% esta se incrementaba ( $6.7^\circ$ - $8.9^\circ$ ) debido las diferencias en la velocidad angular de la rotación del tronco, siendo los mejores nadadores los que presentaban velocidades mayores.

La contribución de la rotación del tronco a la trayectoria propulsiva se estimó en 52,1% de promedio con lo que su importancia es similar a la de los movimientos medio-laterales de la mano relativos al tronco. Estos movimientos laterales no ocurren en una secuencia medio-lateral sino que ocurren en una secuencia latero-medial. En otras palabras, el nadador mueve su mano hacia el exterior del tronco en rotación en la primera parte y hacia el interior del tronco en la segunda mitad. Estos resultados contradicen lo que se ha creído durante años en la descripción técnica del estilo crol.

Posteriormente Payton y cols. (1997) volvieron a utilizar el modelo descrito con anterioridad con el fin de observar el comportamiento de nuevas variables como la velocidad de las manos. Se demostró que la rotación longitudinal del tronco influye en la velocidad de la mano en el plano perpendicular al desplazamiento del nadador. Para una flexión del codo máxima dada, incrementar la rotación longitudinal del tronco de  $45^\circ$  a  $60^\circ$  incrementa marcadamente el movimiento medial de la mano, pero no así el movimiento vertical. Ocurre lo mismo si mantenemos fija la rotación longitudinal del tronco en su valor máximo, variaciones de la flexión del codo de  $60^\circ$  a  $70^\circ$ , sólo modifican los movimientos medio laterales pero no los verticales de la mano. Un incremento de la rotación longitudinal del tronco se acompaña de un incremento al cuadrado de la velocidad de la mano en el plano perpendicular a la dirección de movimiento. Por tanto, el aumento de la rotación longitudinal del cuerpo incrementa el potencial de la mano de generar fuerza de sustentación hidrodinámica.

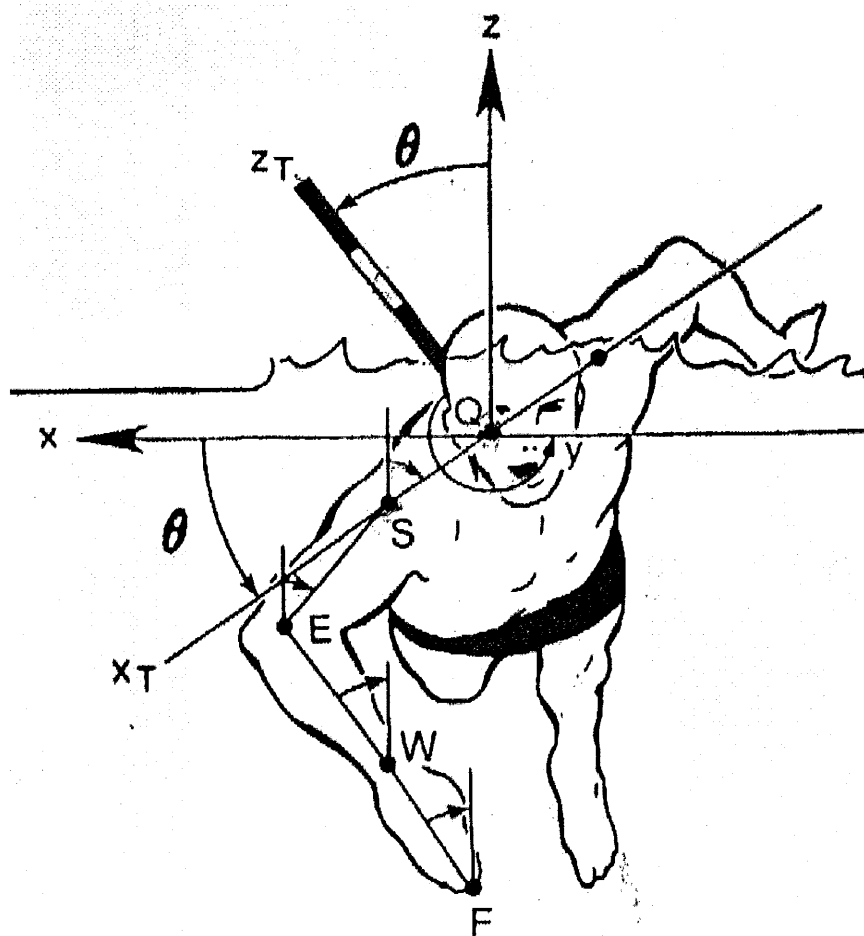
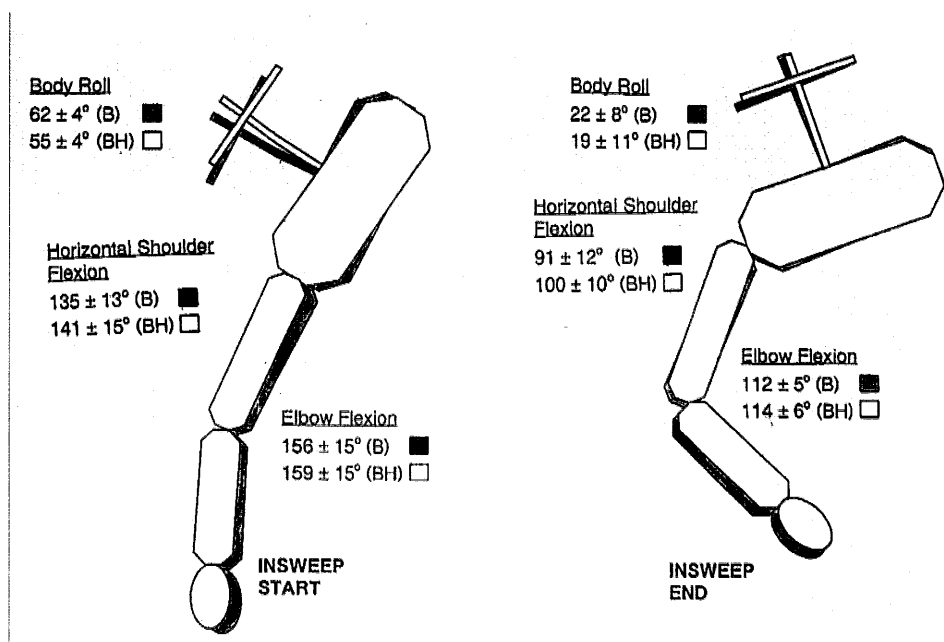


Figura 1.14. Variables angulares utilizadas por Liu, Hay y Andrews (1993) para analizar la relación entre la rotación longitudinal del tronco y la trayectoria propulsiva.

Estudios más recientes de Payton y cols. (1999) realizado sobre nadadores y no sobre modelos, mostraron resultados hasta cierto punto contradictorios con lo observado en sus estudios anteriores afirmando que la rotación longitudinal del tronco no es la responsable del movimiento medial de la mano observado en el estilo crol y que la rotación del tronco se opone al movimiento medial de la mano en vez de ayudarlo como se pensaba anteriormente en el movimiento hacia dentro. Esto se refleja en la figura 1.15, donde aparecen los resultados de rotación de hombros, flexión de codo y flexión horizontal de hombros tanto al inicio como al final del movimiento hacia dentro, obtenidos en su estudio. Por tanto el nadador, realiza el movimiento propulsivo hacia dentro gracias a la combinación de la flexión del codo y la flexión horizontal del hombro mientras el tronco rota hacia la posición neutral (hombros horizontales en el agua).

Los estudios realizados con anterioridad por medio de modelos de simulación (Hay y cols., 1993) y (Payton y cols., 1997) no representan con suficiente precisión los movimientos del tronco y de las extremidades superiores, ya que asumen que el tronco rota hacia el exterior (se aleja de la posición neutral) durante el movimiento hacia dentro, lo cual no ha ocurrido en los nadadores observados ni durante los intentos con respiración ni en los intentos en los que no se respiró. En el estudio se trataron de analizar también las diferencias cuando el nadador respira y cuando no lo hace. La rotación del tronco cuando se respira lateralmente es una media de  $9^\circ$  mayor que cuando nada sin respirar. Los valores de rotación máxima encontrados cuando se nada sin respirar fueron de  $57 \pm 4^\circ$ . La duración de las fases propulsivas junto con el tiempo total de tracción no se modificaron prácticamente en las dos situaciones (0,06 s más larga cuando se respira). La frecuencia de ciclo fue por tanto ligeramente menor al respirar y la longitud ciclo ligeramente mayor. La profundidad de la tracción junto con su distancia horizontal no mostraron diferencias significativas cuando se nadaba respirando en comparación a cuando no se respiraba.



**Figura 1.15. Resultados de rotación de hombros, flexión de codo y flexión horizontal de hombros tanto al inicio como al final del movimiento hacia dentro, obtenidos por Payton y cols. (1999)**

Payton y cols. (1999) en otro estudio en el analizaron la contribución de la rotación del tronco en la velocidad de la mano, encontraron resultados análogos a los descritos en el párrafo anterior.

La rotación contraria del tronco mientras la mano comienza el movimiento hacia dentro disminuye en  $1.04 \pm 0.28$  m/s la velocidad absoluta de la mano o lo que es lo mismo, si el tronco no rotara la velocidad relativa sería un 46% mayor.

El presente estudio se enmarca en una serie de estudios en los que se trata de averiguar como la rotación sobre el eje longitudinal se modifica en diferentes situaciones y qué influencia tiene en la trayectoria propulsiva tridimensional de distintos grupos de nadadores de competición.

En esta caso analizaremos como se modifica la rotación longitudinal del cuerpo en las diferentes opciones de respiración que puede utilizar un nadador y en diferentes variaciones de la técnica del estilo crol con el fin de tratar evaluar como puede influir en la técnica del estilo crol la utilización de esas variaciones técnicas como ejercicios de entrenamiento.

### **1.7. Influencia de la velocidad en las fuerzas propulsivas**

Ha sido asumido que el nadador que puede desplazar con la máxima rapidez su mano a través del agua sin deslizarla o rotarla, alcanzaría su máxima velocidad hacia delante. Sin embargo, durante años fueron escasos los intentos de equiparar la velocidad de la mano con la velocidad media, o averiguar si la capacidad para producir la velocidad de la mano puede ser enseñada a aquellos nadadores que no la tienen. Tampoco se encontraron estudios que midieran la velocidad de la mano desde el principio al fin de la fase propulsiva ni intentaran cuantificar la velocidad de cada segmento del movimiento total.

Los estudios de Schleihauf (1974) muestran los patrones de tracción en relación con el cuerpo del nadador visto por debajo y en relación con el agua, y las curvas de velocidad en los tres planos del espacio desarrolladas por un nadador de élite. La razón de Scheleihau para presentar todos estos aspectos fue demostrar la complejidad de la

interacción entre el ángulo de ataque de las manos, la velocidad que se desarrolla y el modo de propulsión (sustentación o resistencia) dependiendo de la fase de la brazada.

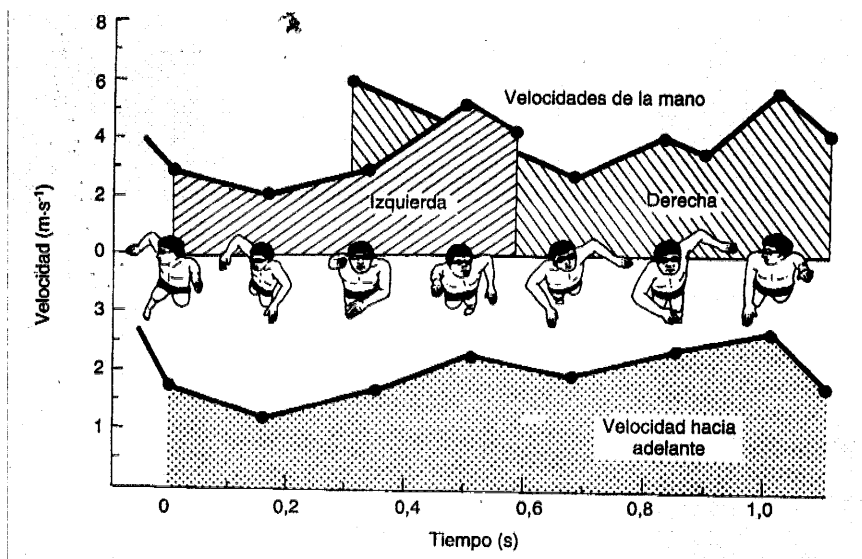
Este estudio condujo a la observación de que buenos nadadores aparentemente aceleran sus movimientos durante el desarrollo de la brazada y que esto es un efecto importante que mejora el rendimiento.

A partir de aquí los autores decidieron examinar los patrones de velocidad de la mano de algunos nadadores de élite en los cuatro estilos competitivos, buscando los elementos que tienen en común y en que forma estos patrones varían en relación a nadadores menos habilidosos. La fuerza creada por la mano varía directamente con la velocidad de las manos. Posteriormente Counsilman y Wasilak (1982) investigaron la relación entre la velocidad de las extremidades y la del centro de gravedad del nadador. Coincidiendo en que los mejores nadadores aceleraban sus manos desde el principio hasta el final de sus brazadas subacuáticas, pero considerando los desplazamientos de la mano con relación al cuerpo del nadador, no con relación a un sistema externo estático.

Continuando con esta línea, una investigación de Schleihauf (1984) mostró que este concepto era exacto pero demasiado simplificado. Los nadadores no aceleraban sus manos de forma regular desde el principio hasta el final, sino que la velocidad de la mano se aceleraba por impulsos, decreciendo e incrementando con cada cambio importante de dirección en la brazada. Costill y cols. (1994) indican que las aceleraciones y desaceleraciones de su velocidad hacia delante se corresponden muy ajustadamente a estos cambios en la velocidad de las manos, tal como se aprecia en la figura 1.16, en la que se observan las fluctuaciones de velocidad en la acción de los brazos y los efectos en la velocidad de desplazamiento del nadador .

De estos estudios se obtuvo claramente que los nadadores aplican la fuerza en periodos alternantes de aceleración y desaceleración, que corresponden cada uno a los cambios principales de dirección durante las trayectorias del ciclo. La velocidad de la mano se ralentiza durante cada cambio de dirección acelerándose después a lo largo del siguiente movimiento. Lo que sí es cierto es que como resultado final se observa un incremento progresivo de las medias de velocidad de cada fase desde el principio al





**Figura 1.16. Patrón típico de velocidad de la mano en el estilo crol mostrado por Costill y cols.(1994)**

final de la brazada subacuática. Así vemos cómo durante la primera parte de la tracción (movimiento acuático de los brazos), la velocidad de la mano debería desacelerarse gradualmente desde el momento de la entrada hasta que la mano esté prácticamente quieta al final de la entrada y extensión para, en el segundo movimiento, acelerarse moderadamente y con suavidad desde la posición anterior, hasta el final del movimiento hacia dentro. A continuación, la velocidad de la mano decrece durante la transición entre este movimiento hacia adentro y el movimiento ascendente. Entonces se acelera de nuevo rápidamente mientras se lleva a cabo este último movimiento.<sup>1</sup> Generalmente, las manos de los nadadores alcanzan sus máximas velocidades hacia el último tercio de esta trayectoria.

### **1.8. Justificación**

Podemos considerar, según lo visto hasta este momento, que el modelo técnico-teórico de la acción de brazos en el estilo crol está bastante bien definido, son muchas las observaciones realizadas a los mejores nadadores que han llevado a esta descripción. Así encontramos trabajos que investigan la influencia de la forma y superficie de la mano o la posición de los dedos más adecuada para aumentar la efectividad del nado (Schleihauf, 1979; Remmonds y Bartlett, 1981; Toussaint y cols. 1991; Monteil y Rouard, 1994; Payton y Lauder, 1995; Berger y cols. 1995, 1997).

Otros se dirigen hacia el estudio de las variaciones de velocidad en la mano durante el nado, comprobando las modificaciones que éstas pueden producir sobre la duración y eficacia de las diferentes fases que componen la trayectoria propulsiva. (Miyashita 1971; Dufour y cols. 1997).

Numerosas son las investigaciones encaminadas al análisis de la rotación sobre el eje longitudinal del cuerpo. Unas con la finalidad de conocer su grado de implicación en las lesiones de hombro, frecuentes en nadadores (Beekman y Hay, 1988; Allegrucci y cols. 1994; Ruwe y cols. 1994). Otras para observar cómo se modifica el grado de rotación con las diferentes técnicas de nado (López y Arellano, 1997). En este terreno se han realizado tanto estudios de simulación por computador con datos teóricos como

---

<sup>1</sup> Movimientos cuya descripción se encuentra en el apartado trayectorias propulsivas del estilo crol.

estudios de campo con datos reales, obteniendo diferencias entre ambos dignas de tener en cuenta. (Liu y cols. 1993, Payton y cols. 1997; Payton y cols. 1998) También han estudiado los efectos que, sobre la mecánica de brazada, pueda tener la acción de respirar. (Kippenhan y Hay, 1994; Payton y cols. 1999).

Podemos ver cómo la línea que siguen todas estas investigaciones se dirige, casi siempre, hacia el deporte de élite y la búsqueda de su perfeccionamiento utilizando como sujetos de estudio nadadores de élite. Nosotros nos planteamos la necesidad, previa al deporte de élite, de la búsqueda del dominio de ese modelo técnico por parte del nadador, proceso que implica el uso de numerosos ejercicios y habilidades durante largo tiempo de entrenamiento. Ante este hecho nosotros nos cuestionamos si estos ejercicios son realmente un fiel reflejo de la técnica buscada, o si por el contrario, con el fin de simplificar las ejecuciones en determinados momentos, sacrificamos la realidad de los movimientos a realizar.

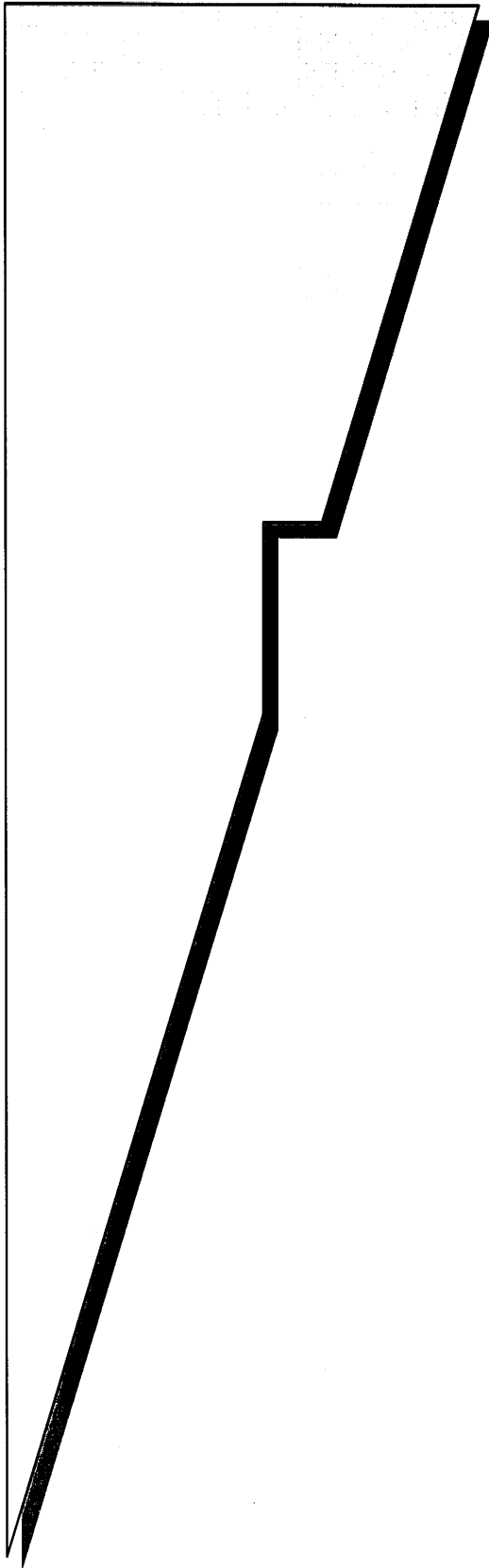
### **1.9. Planteamiento de la hipótesis**

Según se desprende de los antecedentes expuestos, la realización de ejercicios en natación, y concretamente los aplicados al estilo crol, en diferentes condiciones de ejecución, con variaciones analíticas y globales, pueden modificar los valores de determinados elementos técnicos en relación a la ejecución del gesto global, particularmente en cuanto a las características cualitativas y cuantitativas de la trayectoria propulsiva.

### **1.10. Objetivos.**

1. Desarrollar la metodología adecuada que permita la realización de análisis bidimensionales y tridimensionales de las técnicas de nado.
2. Comprobar si existen diferencias entre los valores angulares de la rotación del tronco entre la ejecución del estilo crol y las variaciones técnicas analizadas.
3. Verificar si se modifican los valores angulares de la articulación del codo durante la ejecución de variaciones técnicas del estilo crol en comparación con el estilo completo.

4. Evaluar las diferencias que produce en los valores angulares del tronco y brazos, la realización de las acciones respiratorias, comparando la realización de la respiración por el lado dominante y el no dominante, así como la no realización de respiración alguna.
5. Comprobar si existen modificaciones en las variables temporales de las distintas fases propulsivas, así como aspectos de sincronización de movimientos, entre la realización del estilo crol y las variaciones técnicas analizadas en el estudio.
6. Comparar las trayectorias tridimensionales y sus diferentes proyecciones en los planos frontal, sagital y horizontal entre la ejecución del estilo crol y las diferentes variaciones técnicas seleccionadas, analizando así mismo, la influencia de la acción respiratoria en las citadas trayectorias.
7. Observar el comportamiento de la velocidad de la mano cuando se modifican determinados elementos en la acción técnica del estilo crol, tales como la acción de respiración o la ejecución global o analítica del estilo.



MÉTODO

## 2. MÉTODO

### 2.1. Características generales del método

En biomecánica deportiva, cuando no se conocen con exactitud las causas que producen el movimiento o gesto deportivo, se recurre al método inverso, mediante el cual se realiza una descripción, cuantificando ciertas variables mecánicas, con el objetivo de deducir las causas que lo producen, y establecer las ecuaciones necesarias que relacionan el gesto objeto de análisis con dichas variables (Gutiérrez, 1990).

El objetivo de la presente tesis es la cuantificación de las variables biomecánicas que determinan los criterios de eficacia que definen la técnica de nado en el estilo crol y de las alteraciones que se puedan producir en estas variables ante variaciones técnicas del mismo estilo. Esta cuantificación se ha llevado a cabo mediante dos técnicas diferenciadas. Por un lado, se ha realizado un análisis bidimensional del desplazamiento del nadador, tratando de observar fundamentalmente las modificaciones angulares en la rotación sobre el eje longitudinal del cuerpo y los factores temporales en las diferentes condiciones de ejecución. En el segundo estudio se ha realizado un análisis tridimensional del desplazamiento de los nadadores, que nos va a permitir analizar variables cinemáticas como posiciones espaciales, velocidades y ángulos así como las trayectorias de aquellos puntos que determinan el modelo de segmentos rígidos utilizado.

La aplicación del método inverso y obtención de los datos, a través de registros externos al sistema, con el propósito de analizar las causas que producen el movimiento, es posible cuando se estudian gestos deportivos que cumplen una serie de requisitos sin los cuales el análisis podría verse dificultado o carecer de validez (Gutiérrez, 1990 y Soto, 1995).

- ✓ En primer lugar, el control de contingencias externas, (variables contaminadoras), es algo inherente a cualquier estudio que pretenda ser abordado mediante el método científico. Los gestos discretos (gestos con un principio y un fin perfectamente delimitados que no impliquen procesos atencionales ni retroalimentación durante su propia ejecución) suelen estar exentos de gran parte de estas contingencias externas. Los gestos cíclicos (gestos discretos), utilizados

en las técnicas de la Natación pueden ser analizados sin la interferencia de otras variables.

- ✓ En segundo lugar, el gesto deportivo debe poseer la máxima estabilidad en su ejecución. Los resultados podrían tener poca validez si la ejecución se ve afectada por algún comportamiento aleatorio, lo que podría suceder si el gesto no estuviera suficientemente automatizado, es decir, no fuese consistente temporalmente. Este problema creemos haberlo resuelto, utilizando como muestra nadadores con un alto nivel demostrado por los años de práctica y el nivel de competición alcanzado.
- ✓ En tercer lugar, el grado de activación del deportista debe ser estabilizado y controlado, por ello siempre que es posible, los estudios biomecánicos se realizan sobre un modelo físico real (en competición), y no sobre modelos físicos contruidos (en entrenamiento o laboratorio) ya que el nivel de activación es diferente en ambos contextos. Las situaciones de activación competitiva óptima, permiten mantener constante y en su intensidad apropiada la fuerza muscular y, consecuentemente, eiminar el posible error contaminante producido por la variabilidad en el nivel de fuerza muscular , debido a un fluctuante nivel de activación. En nuestro caso al realizar ejercicios técnicos empleados para el entrenamiento, se ha establecido un protocolo que se aproxime a la situación real, incluyendo un calentamiento de competición y la realización de series de corta distancia a máxima intensidad, buscando un nivel de activación estable, que si bien no puede considerarse de competición, al menos puede catalogarse como no contaminante.

De esta manera, creemos que nuestro estudio biomecánico puede haber conseguido la validez interna que requiere un estudio experimental, lo que nos ha permitido afirmar que la variación observada en las variables dependientes, ha sido causada por la variación introducida en la variable independiente, y de este modo alcanzar los objetivos planteados en la presente investigación.

Según todo lo anteriormente expuesto y en función de los objetivos planteados en el apartado anterior, nos hemos planteado dos actuaciones de investigación:

- a) La primera actuación de investigación tiene como objetivo la cuantificación de factores temporales y goniométricos, a través de técnicas de análisis bidimensionales, en diferentes acciones técnicas del estilo crol en natación que incluyen ejecuciones, tanto analíticas como globales, con modificaciones en el lado de la respiración.
- b) La segunda actuación de investigación tiene como objetivo la cuantificación de factores temporales, goniométricos, espaciales y de velocidad, a través de técnicas de análisis tridimensionales, en diferentes acciones técnicas del estilo crol en natación que incluyen ejecuciones, tanto analíticas como globales, con modificaciones en el lado de la respiración.

## **2.2. Diseño experimental**

El diseño de una investigación es el conjunto de reglas a seguir para obtener observaciones sistemáticas y no contaminadas sobre la posible relación existente entre las variables, permitiendo al investigador comprobar si existen efectos sistemáticos de la variable independiente sobre la dependiente y ayudándole a controlar las potenciales variables contaminadoras (Pereda, 1987)

Cada investigación requiere un modelo especial de diseño que depende de las decisiones previas tomadas por el investigador, en cuanto a la selección de los grupos experimentales, la aplicación de los respectivos tratamientos y la utilización de determinadas pruebas estadísticas, en función de los propósitos de la investigación (Rojas, 1997).

En nuestro caso, el diseño de la presente investigación se mantiene para los dos estudios realizados, llevándose a cabo un diseño intragrupo de medidas repetidas que representa una análisis de las modificaciones que pueden aparecer en determinados elementos biomecánicos al ejecutar elementos técnicos diferentes en el estilo crol en natación.

En la primera investigación se ha desarrollado un diseño intragrupo de medidas repetidas, en la que diecisiete sujetos realizaron nueve series cortas con las variaciones



---

técnicas del estilo como variable independiente y siendo las variables dependientes factores temporales y goniométricos que componen el gesto.

En la segunda investigación se ha desarrollado, igualmente, un diseño intragrupo de medidas repetidas, en la que ocho sujetos realizaron nueve series cortas con las variaciones técnicas del estilo como variable independiente y siendo las variables dependientes factores temporales, goniométricos, espaciales y de velocidad que componen el gesto.

El análisis de los datos se ha realizado a través de un tratamiento estadístico descriptivo consistente en el análisis de medias y desviaciones típicas, un análisis de la normalidad de los datos y un análisis inferencial aplicando la prueba de análisis de t de Student para medidas repetidas, que nos permita conocer los efectos de la variable independiente sobre las dependientes

### **2.3. Método utilizado en el primer estudio.**

Como ya se ha indicado anteriormente, en esta primera investigación, se ha tratado de cuantificar las variables temporales y goniométricas de los gestos analizados en relación a la técnica del estilo crol en natación. Estas variables temporales incluyen cada una de las fases de movimiento en que se divide la acción de los brazos durante su recorrido acuático y el tiempo total empleado en el mismo; las variables goniométricas incluyen ángulos de rotación de tronco sobre el eje longitudinal del cuerpo y ángulos de flexión del codo en diferentes momentos de la tracción (recorrido acuático del brazo). En este caso el estudio se ha desarrollado a través de técnicas bidimensionales con la utilización de dos cámaras de vídeo, obteniendo imágenes bajo y sobre el agua, en el plano frontal de desplazamiento del nadador. La muestra seleccionada para el estudio, el material empleado, así como el procedimiento utilizado y las variables definidas es el contenido que se expone a continuación.

#### **2.3.1. Sujetos**

La muestra que se ha utilizado en este primer estudio está constituida por 17 nadadores, 7 mujeres y 10 hombres de nivel nacional pertenecientes al Centro de Entrenamiento de Granada, con edades comprendidas entre 13 y 18 años. El criterio de elección seguido fue, el seleccionar a todos aquellos nadadores que hayan realizado las marcas mínimas que la Federación Española de Natación establece para poder participar en las diferentes competiciones nacionales. Según el criterio de selección expuesto, la muestra debe de considerarse como incidental y condicionada por el nivel de rendimiento en distintos estilos y distancias. En la Tabla 2.3.1. se presentan las características generales de todos los sujetos experimentales. En ella comprobamos que la media de edad de los participantes es de 15 años para las chicas y 16 años para los chicos. Doce de los sujetos tienen el estilo crol como primer estilo y cinco lo tienen como segundo estilo. El lado de respiración dominante es el derecho preferentemente, excepto en cinco de los sujetos que respiran habitualmente por el lado izquierdo durante el nado a crol.

La tabla 2.3.2, muestra las medidas antropométricas de los nadadores de este estudio a los cuales además de peso, talla y envergadura, se les midieron la dimensiones de los tres segmentos diferenciados en miembros superiores (brazo, antebrazo y mano).

Observando los estadísticos de tendencia central se puede apreciar la existencia de diferencias entre las medidas de las chicas, que son inferiores, y las de los chicos, superiores, lo cual puede considerarse normal dado el grado de desarrollo biológico que por la edad media de los nadadores (15 años las mujeres y 16 años los hombres) le corresponde. Se aprecia, así mismo, que no hay diferencias en las medias de los segmentos correspondientes entre brazo derecho e izquierdo, con lo cual se presupone la igualdad en ambos brazos en cuanto a superficie propulsora. Con relación a la variabilidad entre los sujetos, se puede afirmar que los grupos son bastante homogéneos como indican los reducidos valores en la desviación típica de cada registro.

### ***2.3.2. Técnicas instrumentales y material utilizado***

Se utilizaron técnicas fotogramétricas bidimensionales (2D), las cuales requieren la filmación del gesto desde un ángulo de visión que permita la digitalización de los movimientos en el plano deseado.

En esta filmación se utilizaron dos cámaras de video Panasonic S-VHS NV-MS4, ambas con una frecuencia de muestreo de 50 campos por segundo (50 Hz), y con una resolución y calidad de imagen de 307.200 píxeles, siendo el ajuste de las ópticas manual, según niveles del fotómetro, seleccionándose el obturador a 1500 lux. Estas cámaras se situaron en dirección frontal al nado, una en la superficie y otra subacuática (Figura 2.3.1) y las imágenes fueron unidas con una mezcladora de imagen, registrándose la imagen simultánea a través de un magnetoscopio S-VHS Panasonic 850 caracterizado por su alta calidad de parada de imagen, un preciso mecanismo de avance y retroceso imagen a imagen y una buena capacidad de búsqueda rápida, reproduciendo las filmaciones en las correspondientes 50 imágenes por segundo. El magnetoscopio fue conectado a un videocronómetro con el fin de facilitar la localización e identificación de los fotogramas en una cinta de vídeo SVHS para su posterior análisis. (Figura 2.3.2.)

Tabla 2.3.1. Características generales de los sujetos experimentales del primer estudio.

SUJETO	SEXO	EDAD	RESP. DOM	ESTILO DOM
S09	FEM.	18	DCHA.	CROL
S11	FEM.	14	DCHA.	CROL
S13	FEM.	14	IZDA.	MARIPOSA
S14	FEM.	14	IZDA.	CROL
S15	FEM.	16	DCHA.	MARIPOSA
S16	FEM.	14	DCHA.	CROL
S17	FEM.	15	DCHA.	CROL
<b>Promedio Fem.</b>		<b>15</b>		
<b>d.t. Fem.</b>		<b>1,53</b>		
S01	MASC.	18	IZDA.	MARIPOSA
S02	MASC.	15	DCHA.	CROL
S03	MASC.	16	DCHA.	CROL
S04	MASC.	18	DCHA.	ESPALDA
S05	MASC.	17	DCHA.	CROL
S06	MASC.	15	IZDA.	CROL
S07	MASC.	17	IZDA.	CROL
S08	MASC.	15	DCHA.	BRAZA
S10	MASC.	14	DCHA.	CROL
S12	MASC.	15	DCHA.	CROL
<b>Promedio MASC.</b>		<b>16</b>		
<b>D.t. MASC.</b>		<b>1,41</b>		
<b>Promedio total.</b>		<b>15,5</b>		
<b>D.t. total</b>		<b>1,47</b>		

Tabla 2.3.2. Características antropométricas de los sujetos experimentales del primer estudio.

SUJETO	PESO	TALLA	ENVERGADURA	MANO DCHA	MANO IZDA	ANTEBR. DCHO.	ANTEBR. IZDO.	BR. DCHO.	BR. IZDO.
S09	66,00	170,50	180,00	19,50	19,50	25,00	25,00	32,00	32,00
S11	52,50	164,00	172,00	19,00	19,00	24,00	24,00	30,00	30,00
S13	47,00	165,50	166,00	17,50	17,50	24,00	24,00	31,00	31,00
S14	56,50	173,00	173,50	19,00	19,00	25,00	25,00	31,00	31,00
S15	48,80	160,50	162,00	17,00	17,00	23,50	23,50	30,00	30,00
S16	45,00	156,00	162,50	17,50	17,50	21,50	21,50	29,00	29,00
S17	60,50	164,50	172,50	19,00	19,00	23,50	24,00	31,50	31,50
<b>Media F.</b>	<b>53,76</b>	<b>164,86</b>	<b>169,79</b>	<b>18,17</b>	<b>18,36</b>	<b>23,79</b>	<b>23,86</b>	<b>30,64</b>	<b>30,64</b>
<i>dt.</i>	<b>7,65</b>	<b>5,73</b>	<b>6,56</b>	<b>0,93</b>	<b>0,99</b>	<b>1,19</b>	<b>1,18</b>	<b>1,03</b>	<b>1,03</b>
S01	77,60	179,00	194,00	20,00	20,00	29,00	29,00	35,00	36,00
S02	80,00	179,20	188,00	20,50	21,00	28,00	28,00	34,00	35,00
S03	64,10	176,50	182,00	19,50	20,00	29,00	28,00	32,00	32,00
S04	80,80	175,50	182,00	20,00	20,00	27,00	27,00	32,00	32,00
S05	61,90	177,00	187,00	20,00	20,00	28,00	28,00	33,00	33,00
S06	56,00	170,00	187,00	21,00	21,00	28,00	29,00	33,00	33,00
S07	82,70	192,00	197,00	21,00	21,00	31,00	31,00	35,00	35,00
S08	74,70	178,00	182,00	19,00	19,50	27,00	27,00	33,50	33,00
S10	64,50	173,50	180,00	19,50	19,50	25,50	25,50	31,00	31,00
S12	63,80	175,5	182,00	20,00	20,00	28,00	28,00	32,00	32,00
<b>Media M.</b>	<b>70,61</b>	<b>177,62</b>	<b>186,1</b>	<b>20,05</b>	<b>20,2</b>	<b>28,05</b>	<b>28,05</b>	<b>33,05</b>	<b>33,2</b>
<i>dt.</i>	<b>9,54</b>	<b>5,74</b>	<b>5,68</b>	<b>0,64</b>	<b>0,59</b>	<b>1,46</b>	<b>1,46</b>	<b>1,34</b>	<b>1,62</b>
<b>Media Total</b>	<b>63,67</b>	<b>172,36</b>	<b>179,22</b>	<b>19,30</b>	<b>19,41</b>	<b>26,19</b>	<b>26,22</b>	<b>32,06</b>	<b>32,16</b>
<i>dt.</i>	<b>12,09</b>	<b>8,53</b>	<b>10,45</b>	<b>1,22</b>	<b>1,23</b>	<b>2,57</b>	<b>2,54</b>	<b>1,76</b>	<b>1,62</b>

La figura 2.3.1. muestra la colocación de las cámaras en la pared frontal del vaso. La cámara que realiza la grabación bajo agua se encuentra situada en una ventana subacuática situada en la calle 3 del vaso, la cámara que realiza la grabación sobre el agua se sitúa sobre el poyete de salida de la misma calle.

La figura 2.3.2. indica el diagrama del sistema utilizado desde la recogida de imágenes por las cámaras hasta su registro en la cinta de vídeo para su posterior análisis. En él se observa cómo las imágenes recogidas por las cámaras (5 y 6) son enviadas a una mesa mezcladora (1) donde se encuentra conectado un video cronómetro digital (3) de modo que las imágenes quedan sobrepuestas e identificadas con tiempo real, estas imágenes se observan en el monitor (2) y son enviadas al magnetoscopio que graba en cintas S-VHS el resultado final.

Para definir los ángulos de rotación del tronco se utilizó una referencia dorsal, no inercial, asociada al nadador, construida con una barra de metacrilato de 50 cm. de longitud y 1 cm. de diámetro, pintada en negro, con una base, también de metacrilato, de 8 cm. x 5 cm. que se fijó a la espalda del sujeto, a nivel del borde inferior de las escápulas, con un cinturón elástico cerrado con velcro, envolviendo el tórax del nadador. Una bola de plástico blanco en el extremo de la barra y otra a 25 cm. facilitará su posterior visualización para digitalizar.(Figura 2.3.3). Sistemas similares de aletas dorsales han sido utilizados por diversos autores con el fin analizar la técnica y su relación con posibles lesiones de hombro (Beekman y Hay, 1988), así como la contribución o influencia de la rotación del tronco sobre distintos variables técnicas como la trayectoria de la mano, la velocidad de la mano, o el lado de respiración (Liu, Hay y Andrews, 1993; Payton, Bartlett y Baltzopoulos, 1998; 1999).

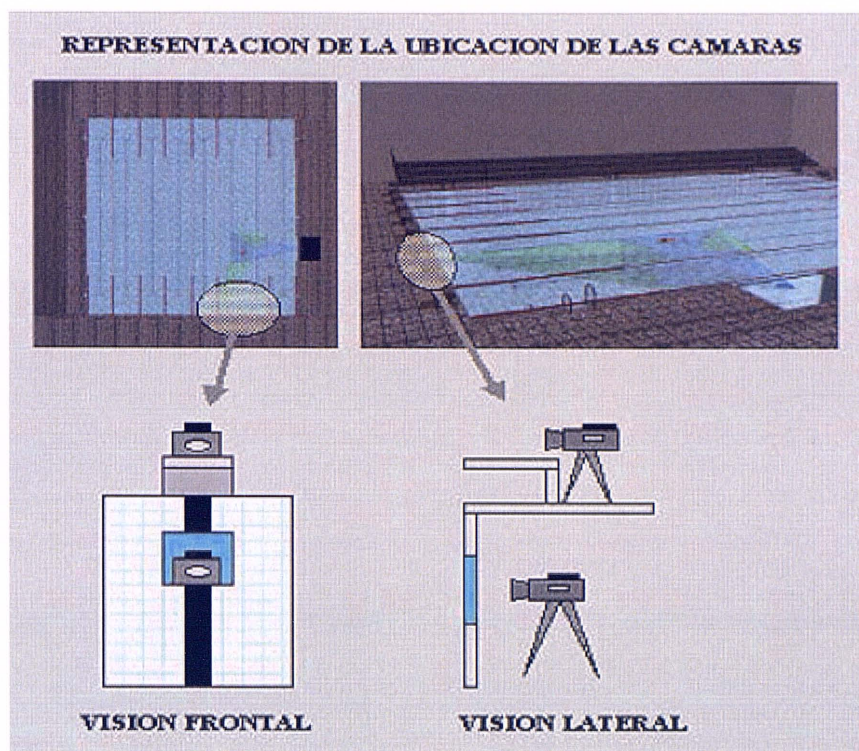


Figura 2.3.1. Diagrama de la colocación de las cámaras durante la sesión de registro.

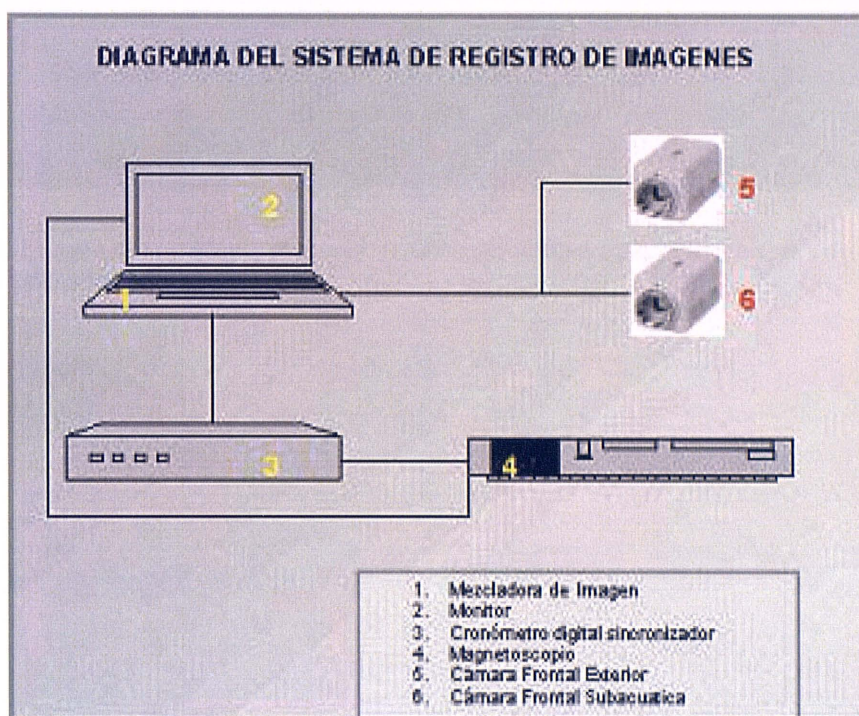


Figura 2.3.2. Diagrama del sistema de registro de imágenes

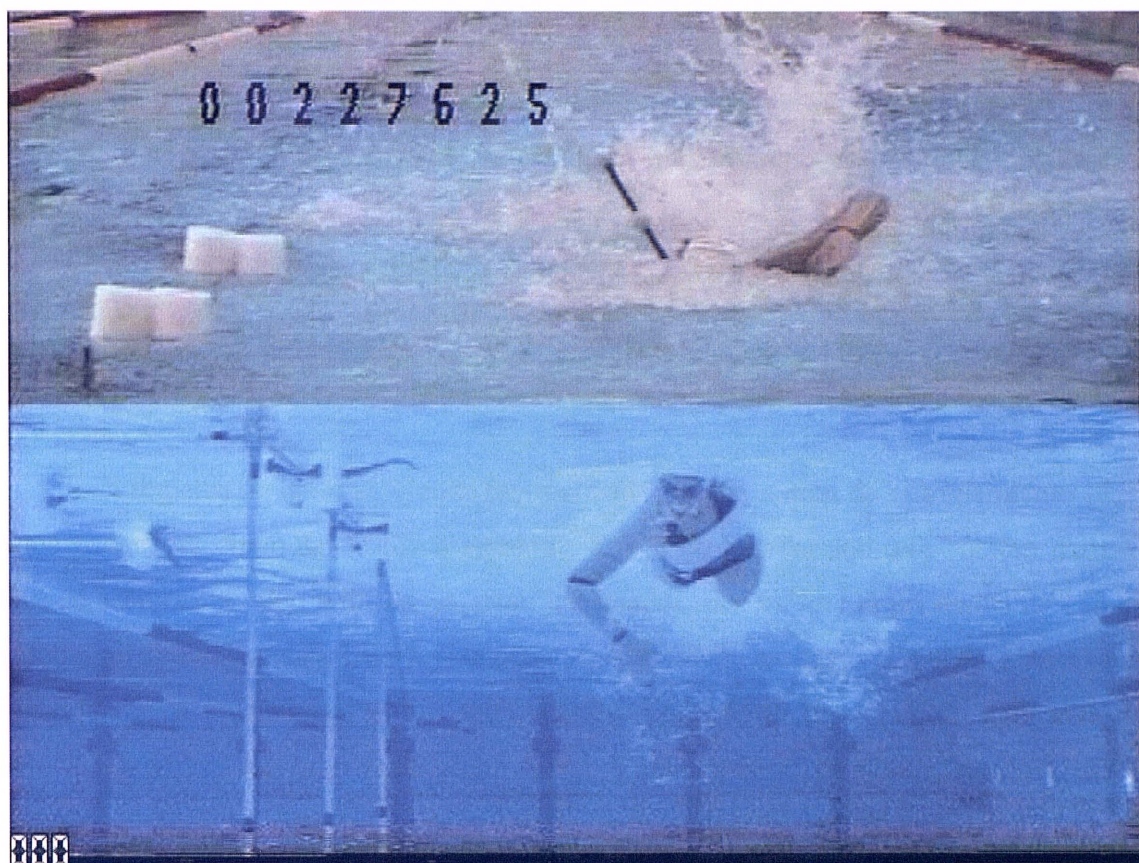


Figura 2.3.3. Imagen obtenida con cámaras simultáneas subacuática y exterior, donde se observa el implemento utilizado como aleta dorsal.



La digitalización de las posiciones adoptadas por el brazo y de la barra dorsal, se llevó a cabo en computador compatible PC equipado con una tarjeta para el tratamiento de la señal de vídeo con una resolución de pantalla de 800 x 600 pixels, siendo las posiciones registradas gracias a la utilización de un ratón y un programa desarrollado al efecto para conocer las coordenadas marcadas y los ángulos formados tanto entre segmentos corporales como entre la aleta dorsal y el eje vertical.

Previamente al registro de las ejecuciones se colocaba una referencia en la superficie del agua que permitía conocer la posición de la horizontal. Esta referencia consiste en una barra de aluminio de 2 m. de longitud en la cual se destacan dos puntos, distanciados 1 m. entre sí, que serán las marcas digitalizadas. (Figura 2.3.4).

### **2.3.3. Procedimiento**

El registro de las filmaciones fue realizado en una sesión de entrenamiento planteada a los nadadores como de “análisis técnico”. Por la frecuencia con que suelen realizar este tipo de sesiones es algo a lo que ya están habituados, por lo que la presencia de cámaras de vídeo y personal adicional no les resulta una situación extraña que pueda alterar su ritmo habitual o sus ejecuciones en el agua. El único elemento desconocido para ellos era la colocación en su espalda de la aleta dorsal. Para su familiarización, previamente se les expuso el objetivo de esta implementación y su correcta colocación, indicando que no notarían en absoluto su presencia durante el nado, aunque debían tener cuidado sobre todo en la introducción y salida del agua. Recibieron una planilla de información personalizada con las indicaciones de todo el proceso, el tipo de bañador a utilizar, zona por la que recorrer las distancias establecidas, tipo de calentamiento y actividad a realizar, así como el orden de ejecución asignado en cada caso. Anexo I.

Los nadadores efectuaron un calentamiento de competición (estándar), tras el cual realizaron 9 series de 15 m. saliendo cada 2 minutos a una velocidad lo más próxima posible al ritmo de nado en 100 metros. Se estableció un orden de ejecución aleatorio para cada uno de los sujetos con el fin de evitar la variable contaminante de aprendizaje debida al efecto orden. (Figura 2.3.5).



Figura 2.3.4. Sistema de referencia utilizado en el estudio 1

**Opción 1:** NRdom-NRnodom-NSR-Bext.Rejec.Dch/Izd-Bflex.Rnoejec.Dch/Izd-Bflex.Rejec.Dch/Izd

**Opción 2:** Bext.Rejec.Dch/Izd-Bflex.Rnoejec.Dch/Izd-Bflex.Rejec.Dch/Izd-NRdom-NRnodom-NSR

**Opción 3:** Bflex.Rnoejec.Dch/Izd-Bflex.Rejec.Dch/Izd-NRdom-NRnodom-NSR-Bext.Rejec.Dch/Izd

**Opción 4:** Bflex.Rejec.Dch/Izd-NRdom-NRnodom-NSR-Bext.Rejec.Dch/Izd-Bflex.Rnoejec.Dch/Izd

Figura 2.3.5. Orden de ejecución de los ejercicios, distribuido aleatoriamente entre los sujetos

### 2.3.4. Variables establecidas.

#### 2.3.4.1. Variable Independiente.

Consideramos variable independiente a la acción técnica ejecutada, en la que diferenciamos varios niveles:

- a) Nado crol con respiración por el lado dominante (**NRdom.**) el nadador realiza el ejercicio a estilo crol completo, coordinando una respiración por ciclo de brazos hacia el lado habitual de respiración (Figura 2.3.6.)
- b) Nado crol con respiración por el lado no dominante (**NRnodom.**) el nadador realiza el ejercicio a estilo crol completo, coordinando una respiración por ciclo de brazos hacia el lado menos habitual de respiración (Figura 2.3.7.)
- c) Nado crol sin respirar (**NSR**) el nadador realiza el ejercicio a estilo crol completo, sin realizar en ningún momento la acción de respiración, manteniendo apnea respiratoria en la ejecución de la serie. (Figura 2.3.8.)
- d) Nado con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respiración al lado ejecutor (**Bext.Rejec.**) el nadador realiza el ejercicio con un solo brazo y acción de piernas, mientras mantiene el otro brazo inmóvil y extendido delante de la cabeza, realizando una respiración por brazada hacia el mismo lado del brazo ejecutor (Figura 2.3.9.).
- e) Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo no ejecutor (**Bflex.Rnoejec.**) el nadador realiza el ejercicio con un solo brazo y acción de piernas, mientras mantiene el otro brazo inmóvil y flexionado junto al cuerpo, realizando una respiración por brazada hacia el lado contrario del brazo ejecutor, es decir hacia el brazo que permanece estático (Figura 2.3.10.).
- f) Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo ejecutor (**Bflex.Rejec.**) el nadador realiza el ejercicio con un solo brazo y acción de piernas, mientras mantiene el otro brazo inmóvil y flexionado junto al cuerpo, realizando una respiración por brazada hacia el mismo lado del brazo ejecutor (Figura 2.3.11.).

Analizando en cada uno de estos niveles las acciones tanto del brazo derecho como del brazo izquierdo, por lo tanto, cada nivel descrito tendrá, a su vez, otros dos niveles de acción relacionados con el brazo de ejecución.



Debemos aclarar, en cuanto a la terminología empleada al definir las posiciones de los ejercicios analíticos, que el ejercicio denominado desde el punto de vista técnico como brazo no ejecutor extendido delante de la cabeza (Bext.) se describiría, desde el punto de vista anatómico, como brazo en flexión y abducción de hombro de  $180^\circ$ , manteniendo el codo extendido. Así mismo, el ejercicio que técnicamente se ha denominado brazo flexionado junto al cuerpo (Bflex.) anatómicamente se describiría como brazo en extensión y adducción. La denominación técnica utilizada se explica por ser la más habitual entre los especialistas de la natación.

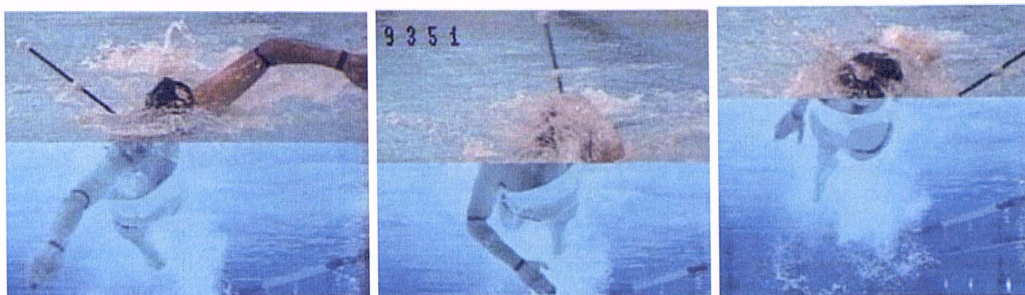


Figura 2.3.6. Nado crol con respiración por el lado dominante (NRdom.).

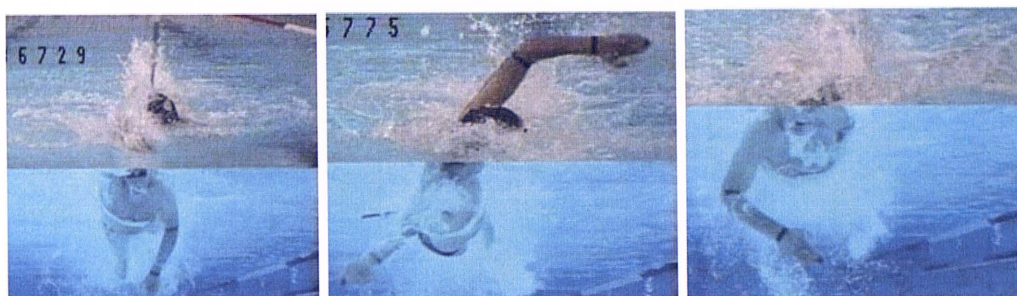


Figura 2.3.7. Nado crol con respiración por el lado no dominante (NRnodom.).

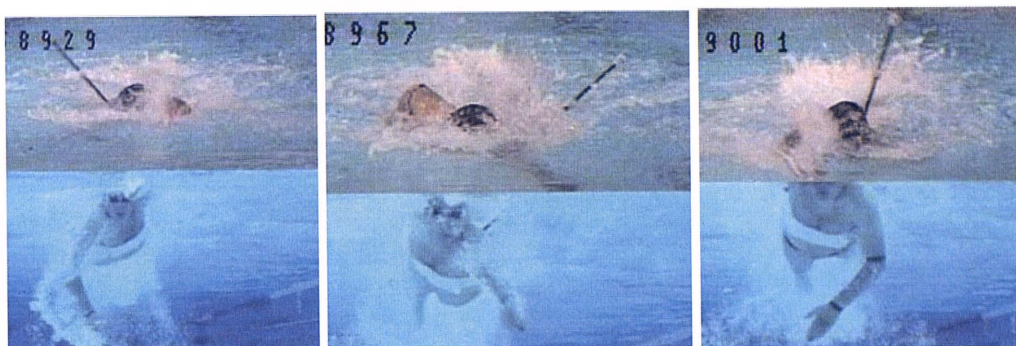


Figura 2.3.8. Nado crol sin respirar (NSR).

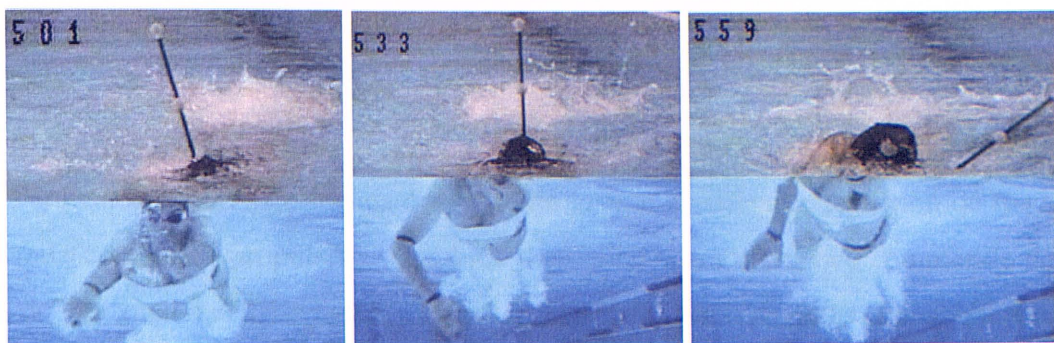


Figura 2.3.9. Nado con un brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el lado del brazo ejecutor (Bext.Rejec.).



Figura 2.3.10. Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo no ejecutor (Bflex.Rnoejec.).

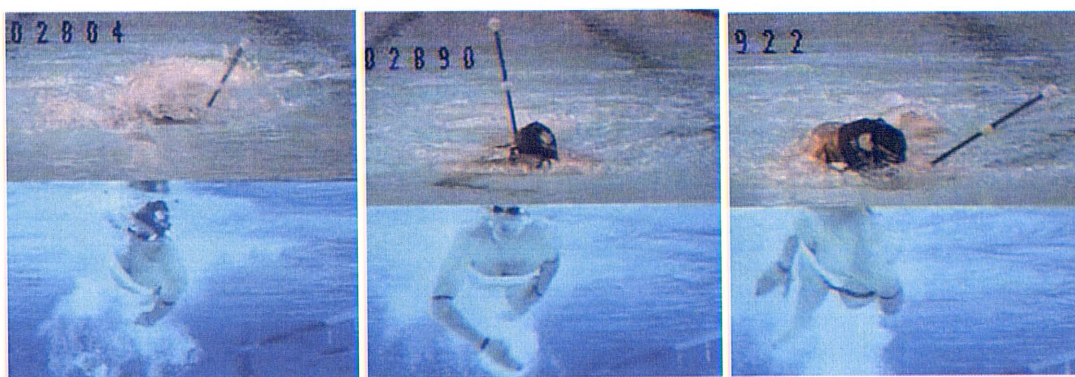


Figura 2.3.11. Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo ejecutor (Bflex.Rejec.).

#### 2.3.4.2. Variables Dependientes

Para este estudio bidimensional, las variables medidas se han organizado en dos bloques: a) temporales y b) goniométricas.

##### a) Variables temporales.

Para este estudio sólo hemos considerado la fase acuática de la acción de los brazos, considerada como fase propulsiva y también denominada tracción, que comprende desde la entrada de la mano en el agua hasta la salida de la misma mano del agua. En este intervalo de movimiento distinguimos tres acciones diferentes cuya duración hemos medido:

- a.1 Acción de movimiento hacia abajo: comprende desde la entrada de la mano en el agua hasta que alcanza el punto de máxima profundidad. La duración de esta fase la hemos identificado como  $t_1$ . La figura 2.3.12. indica la posición final de esta acción.
- a.2 Acción de movimiento hacia dentro: comprende desde el punto de máxima profundidad hasta que alcanza la mano la posición más medial de su desplazamiento. La duración de esta fase la hemos identificado como  $t_2$ . La figura 2.3.13 indica la posición final de esta acción.
- a.3 Acción de movimiento hacia arriba: comprende desde el punto más medial hasta la salida de la mano del agua. La duración de esta fase la hemos identificado como  $t_3$ . La figura 2.3.14. indica la posición final de esta acción.
- a.4 Acción total del movimiento de tracción: comprende el total de las tres fases anteriores. La duración de esta fase la hemos identificado como  $t_t$ .



Figura 2.3.12. Fotograma representativo del final del movimiento hacia abajo.

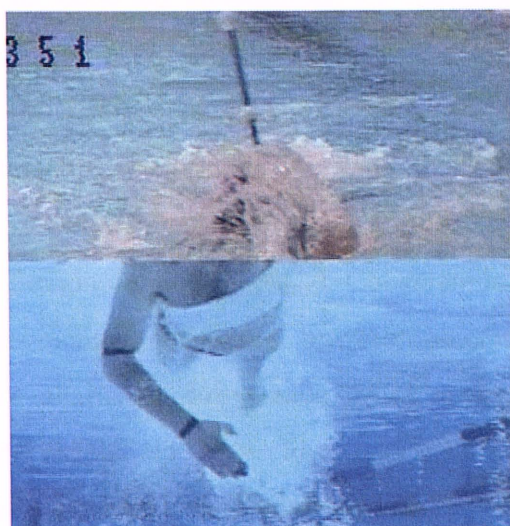


Figura 2.3.13. Fotograma representativo del final del movimiento hacia dentro.

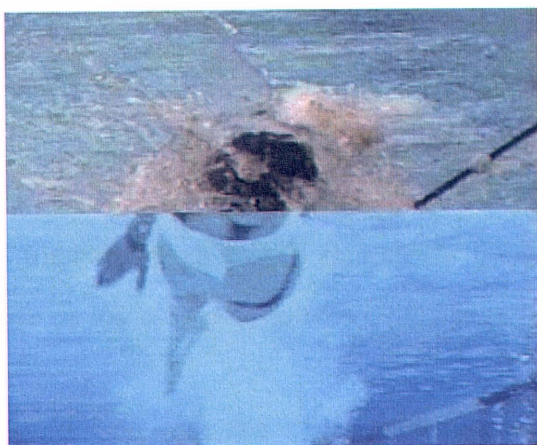


Figura 2.3.14. Fotograma representativo del final del movimiento ascendente.



b) Variables goniométricas.

- b.1 Ángulo de máxima rotación del tronco en el eje longitudinal del cuerpo ( $\theta_{Hmax}$ ). Considerado como el mayor ángulo formado por la aleta dorsal proyectada sobre el plano frontal (y-z) y la vertical durante la acción propulsiva del brazo analizado. Dicho cálculo se realiza mediante el producto escalar del vector posición de la aleta y el que define el eje Z del sistema de referencia inercial. (posición de la figura 2.3.12)
- b.2 Ángulo de la rotación del tronco en el momento de máxima flexión de codo ( $\theta_{Cmax}$ ). Considerado como el ángulo formado por la aleta dorsal proyectada sobre el plano frontal (y-z) y la vertical en el momento en que el brazo que tracciona alcanza su punto de máxima flexión. (posición de la figura 2.3.13)
- b.3 Ángulo de flexión de codo en el momento de máxima rotación de hombros ( $\beta_{Hmax}$ ). Considerado como el ángulo formado por los segmentos corporales brazo y antebrazo, proyectado en el plano frontal, en el momento de máxima rotación de hombros sobre el eje longitudinal del cuerpo. (posición de la figura 2.3.12)
- b.4 Ángulo de máxima flexión del codo ( $\beta_{Cmax}$ ). Considerado como el menor ángulo formado por los segmentos corporales brazo y antebrazo durante la acción propulsiva del brazo analizado. Proyectado en el plano frontal y determinado mediante el producto escalar de los vectores que determinan las posiciones del brazo y el antebrazo. (posición de la figura 2.3.13)
- b.5 Ángulo de rotación del tronco en el momento de la salida de la mano del agua ( $\theta_{Hfin}$ ). Considerado como el ángulo formado por la aleta dorsal proyectada sobre el plano frontal (y-z) y la vertical en el momento en que el brazo ejecutor finaliza su movimiento de tracción. Este ángulo se expresa con un valor negativo para indicar que la rotación se realiza al lado contrario del brazo ejecutor. (posición de la figura 2.3.14)
- b.6 Rango de rotación total de los hombros durante la tracción ( $\theta_{total}$ ). Obtenido mediante el sumatorio de los valores absolutos de los ángulos ( $\theta_{Hmax}$ ). y ( $\theta_{Hfin}$ ).

La medición de estos ángulos en cada una de las situaciones citadas se llevó a cabo como muestra el ejemplo de la figura 2.3.15.

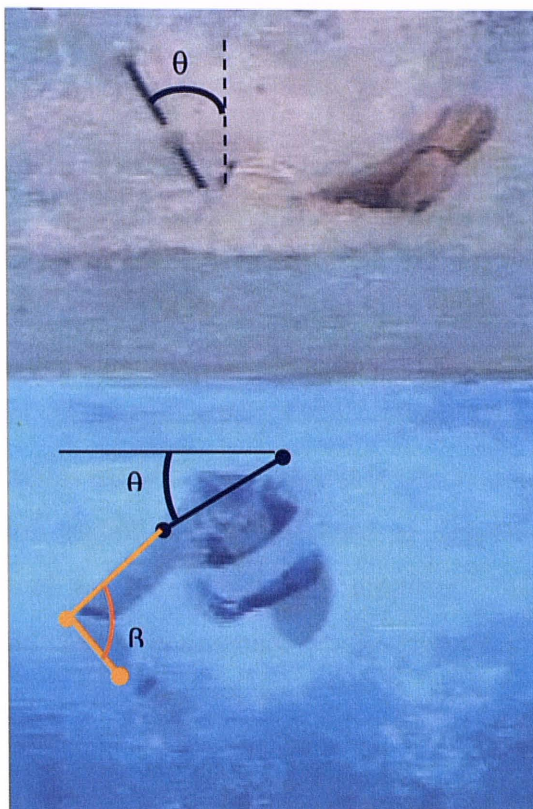


Figura 2.3.15. Variables angulares medidas en el presente estudio. Donde  $\theta$  es el ángulo de rotación de tronco y  $\beta$  es el ángulo de flexión de codo.

## **2.4. Método utilizado en el segundo estudio.**

En la segunda investigación, se ha tratado de cuantificar, de nuevo, las variables temporales y goniométricas, así como otras variables espaciales y cinemáticas de los gestos analizados en relación a la técnica del estilo crol en natación. Las variables temporales incluyen cada una de las fases de movimiento en que se divide la acción de los brazos durante su recorrido acuático y el tiempo total empleado en el mismo; la variable goniométrica considerada es exclusivamente el ángulo de máxima flexión del codo; incluimos variables espaciales determinantes de las trayectorias, tales como distancias recorridas por la mano en los tres ejes del espacio (X, Y y Z) y cinemáticas de velocidad instantánea al final de cada fase de movimiento así como velocidad máxima desarrollada por la mano y velocidad media de desplazamiento del cuerpo. En este caso el estudio se ha desarrollado a través de técnicas tridimensionales con la utilización de dos cámaras de vídeo, obteniendo imágenes en los planos frontal y lateral al desplazamiento del nadador. La muestra seleccionada para el estudio, el material empleado, así como el procedimiento utilizado y las variables definidas es el contenido que se expone a continuación.

### **2.4.1. Sujetos**

La muestra utilizada para esta investigación ha estado compuesta por 8 nadadores en activo, 4 chicas y 4 chicos, pertenecientes a diversos clubes de Granada que entrenaron durante la temporada 1995/96 en el Centro de Entrenamiento dependiente de la Delegación Granadina de Natación y cuyo nivel les permite cubrir las marcas mínimas para participar en competiciones nacionales, absolutas o de grupos de edad (para nadadores infantiles). Todos ellos participaron en el estudio anterior y dominan la técnica del estilo crol siendo éste su primer o segundo estilo en competición. El rango de edad oscila entre los 14 años y los 18 años. Las características generales de estos sujetos se muestran en la tabla 2.4.1. y sus características antropométricas en la tabla.2.4.2. Como ya se ha comentado los sujetos de este segundo estudio formaron parte también del primero con lo que sus las características coinciden dada la homogeneidad de los grupos, así vemos que, la media de edad de los participantes es de 15 años para las chicas y 16 años para los chicos. Seis de los sujetos tienen el estilo crol como primer estilo y dos lo tienen como segundo estilo.

Tabla 2.4.1. Características generales de los sujetos experimentales del segundo estudio.

SUJETO	SEXO	EDAD	RESP.DOM	ESTILO DOM
S09	FEM.	18	DCHA.	CROL
S11	FEM.	14	DCHA.	CROL
S14	FEM.	14	IZDA.	CROL
S15	FEM.	16	DCHA.	MARIPOSA
Promedio Fem.		15,5		
<i>d.t.</i> Fem.		1,91		
S01	MASC.	18	IZDA.	MARIPOSA
S06	MASC.	15	IZDA.	CROL
S07	MASC.	17	IZDA.	CROL
S10	MASC.	14	DCHA.	CROL
Promedio MASC.		16		
<i>d.t.</i> MASC.		1,83		
Promedio total.		15,75		
<i>d.t.</i> total.		1,87		

Tabla 2.4.2. Características antropométricas de los sujetos experimentales del segundo estudio.

SUJETO	PESO	TALLA	ENVERGADURA	MANO D <sup>CHA</sup>	MANO I <sup>ZDA</sup>	ANTEBR. D <sup>CHO</sup>	ANTEBR. I <sup>ZDO</sup>	BR. D <sup>CHO</sup> .	BR. I <sup>ZDO</sup> .
S09	66,00	170,50	180,00	19,50	19,50	25,00	25,00	32,00	32,00
S11	52,50	164,00	172,00	19,00	19,00	24,00	24,00	30,00	30,00
S14	56,50	173,00	173,50	19,00	19,00	25,00	25,00	31,00	31,00
S15	48,80	160,50	162,00	17,00	17,00	23,50	23,50	30,00	30,00
Media F	55,95	167,00	171,88	18,33	18,63	24,38	24,38	30,75	30,75
<i>d.t.</i>	7,40	5,76	7,44	1,15	1,11	0,75	0,75	0,96	0,96
S01	77,60	179,00	194,00	20,00	20,00	29,00	29,00	35,00	36,00
S06	56,00	170,00	187,00	21,00	21,00	28,00	29,00	33,00	33,00
S07	82,70	192,00	197,00	21,00	21,00	31,00	31,00	35,00	35,00
S10	64,50	173,50	180,00	19,50	19,50	25,50	25,50	31,00	31,00
Media M	70,20	178,63	189,50	20,38	20,38	28,38	28,63	33,50	33,75
<i>d.t.</i>	12,18	9,66	7,59	0,75	0,75	2,29	2,29	1,91	2,22
Media Total	63,08	172,82	180,69	19,36	19,51	26,38	26,51	32,13	32,25
<i>d.t.</i>	9,79	7,71	7,52	0,95	0,93	1,52	1,52	1,44	1,59

El lado dominante de respiración es el derecho en cuatro sujetos y el izquierdo en otros cuatro. Las medidas antropométricas de los nadadores de este estudio y, observando los estadísticos de tendencia central, muestran la existencia de diferencias entre las medidas de las chicas, que son inferiores, y las de los chicos, superiores, lo cual puede considerarse normal dado el grado de desarrollo biológico que por la edad media de los nadadores (15 años las mujeres y 16 años los hombres) le corresponde. Se aprecia, así mismo, que no hay diferencias en las medias de los segmentos correspondientes entre brazo derecho e izquierdo, con lo cual se presupone la igualdad en ambos brazos en cuanto a superficie propulsora. Con relación a la variabilidad entre los sujetos, se puede afirmar que los grupos son bastante homogéneos como indican los reducidos valores en la desviación típica de cada registro.

#### ***2.4.2. Técnicas instrumentales y material utilizado.***

El análisis del gesto de estudio y la obtención de los factores biomecánicos se ha realizado mediante técnicas instrumentales de registro indirectas, utilizándose las técnicas fotogramétricas tridimensionales (3D) basadas en la grabación del vídeo a una frecuencia de 50 Hz. Estas técnicas nos han permitido obtener una información fiable sobre posiciones, dimensiones y actitudes de los objetos físicos o segmentos que han compuesto el sistema de estudio. El análisis se ha realizado filmando el gesto desde dos localizaciones espaciales diferentes, representando cada imagen con una secuencia temporal fija.

Las técnicas instrumentales empleadas las podemos seccionar en las dos fases secuenciales en las que se han utilizado; en primer lugar se han usado técnicas instrumentales de registro, y posteriormente se han empleado técnicas instrumentales de obtención y tratamiento de los datos.

### 2.4.2.1. Técnicas instrumentales de registro.

#### a) Filmación

El análisis fotogramétrico se ha iniciado con la filmación del gesto deportivo, y del objeto de referencia. Según la clasificación de Yeadon (1990), el sistema utilizado no requiere medidas de campo, pudiendo colocarse las cámaras libremente en cualquier posición teniendo en cuenta la filmación de un objeto de referencia formado por puntos espaciales conocidos con antelación o en fase posterior a la ejecución del evento deportivo. Las cámaras han registrado los desplazamientos de los nadadores sin modificar su posición, manteniéndose su campo de visión inmóvil y poder aplicar la reconstrucción espacial (3D), a partir de las coordenadas planas obtenidas en cada visión.

En esta filmación se utilizaron dos cámaras de video Panasonic S-VHS NV-MS4, ambas con una frecuencia de muestreo de 50 campos por segundo (50 Hz), y con una resolución y calidad de imagen de 307.200 píxeles, siendo el ajuste de las ópticas manual, según niveles del fotómetro, seleccionándose el obturador a 1.500 lux.

Las cámaras se han ubicado teniendo en cuenta los siguientes factores:

- a) Posibilitar el visionado de al menos un ciclo completo de brazos.
- b) Tener en cuenta los criterios y recomendaciones para un perfecto funcionamiento del algoritmo de reconstrucción espacial DLT. En este sentido, los trabajos de Wood y Marshall (1986) ponen de manifiesto la incidencia de la posición de las cámaras sobre la fiabilidad del algoritmo DLT, obteniendo como conclusión final que éste no era un factor crítico aunque la situación óptima debería estar en un rango comprendido entre  $1/3$  y  $2/1$ , considerando el numerador como la distancia entre la cámara y el objeto de referencia y el denominador como la distancia entre las dos cámaras. Otra recomendación es la búsqueda de angulaciones próximas a  $90^\circ$  entre ambos ejes ópticos. Según Ariel (1994), el ángulo óptimo de orientación de las dos cámaras es obtenido cuando el eje de visión de las cámaras es ortogonal ( $90^\circ$ ), pero es posible utilizar angulaciones que incluso se aproximen a  $30^\circ$ .

- c) Centrar el eje óptico de las cámaras en el centro del volumen espacial en donde se ejecuta el gesto técnico, tal como se ve en la figura 2.4.1 , en la que se observan los ángulos de visión tanto de la cámara situada frontalmente como de la cámara situada lateralmente, ocupando la superficie por la que el nadador se desplaza.

Para facilitar la sincronización de las cámaras frontal y lateral se incorporó el videocronómetro durante la grabación.

Paralelamente a las filmaciones, se ha realizado otro proceso necesario para controlar y evitar confusiones en el análisis posterior de las ejecuciones. Este proceso se refiere al control en el orden de ejecución de los nadadores y el ejercicio ejecutado en cada caso por cada uno de ellos.

b) Sistema de referencia utilizado.

El objeto de referencia utilizado para la obtención de las coordenadas tridimensionales, mediante el algoritmo de la transformación lineal directa (DLT), está compuesto por una serie de varillas, formando una estructura de un paralelepípedo, similar a la utilizada por el IBV (Instituto Biomecánico de Valencia y utilizada en diversos proyectos de investigación desarrollados por los miembros del Laboratorio de Biomecánica del Dpto. de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Granada. Esta estructura está compuesta por dos módulos cúbicos, anexados uno con otro en el eje longitudinal (X); cada uno de ellos consta de 12 varillas huecas de aluminio (158cm x 158cm x 158cm), que se conectan mediante nódulos centrales de acero macizo. Las dimensiones de esta estructura se mantuvieron en los ejes X (316cm) y Z (158cm) y se redujeron en el eje Y (88cm) marcando a esta profundidad las varillas para su digitalización. Las figuras 2.4.2 a y b muestran las imágenes virtual y real en el área de filmación del sistema de referencia en la visión lateral, y las figuras 2.4.3.a y b las mismas imágenes de la visión frontal.

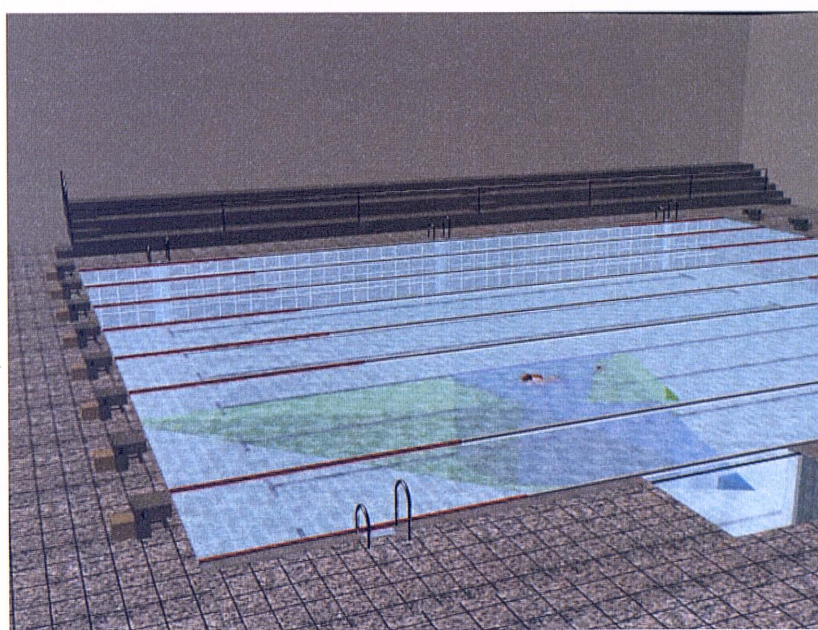
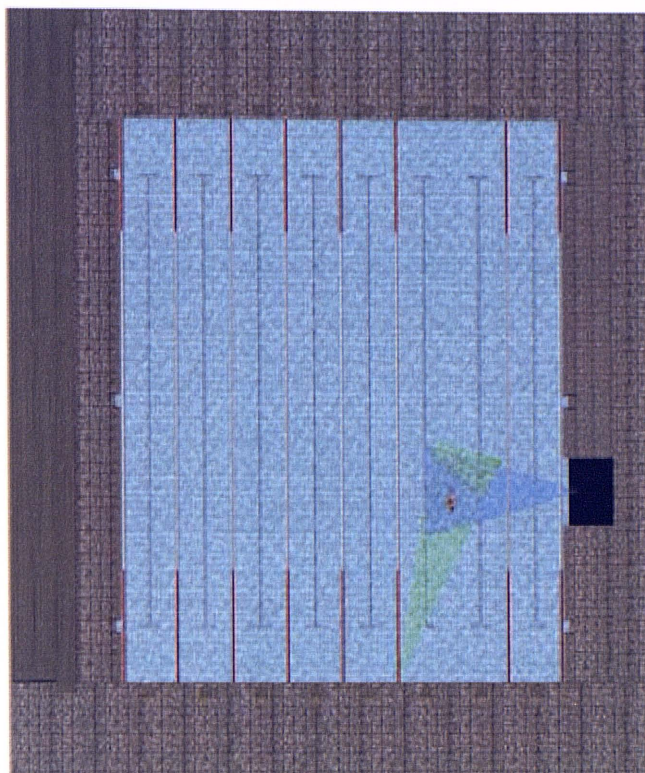


Figura 2.4.1. Situación de las cámaras frontal y lateral en relación al espacio ocupado por el nadador.



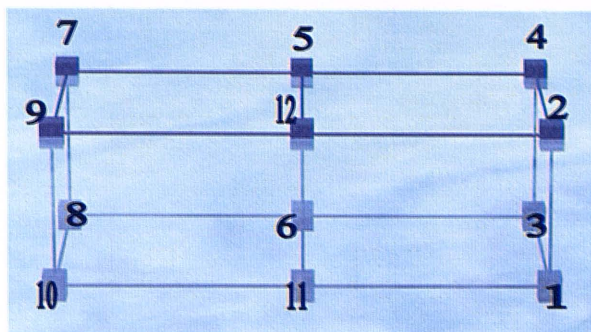


Figura 2.4.2.a. Representación lateral del S.R.I.

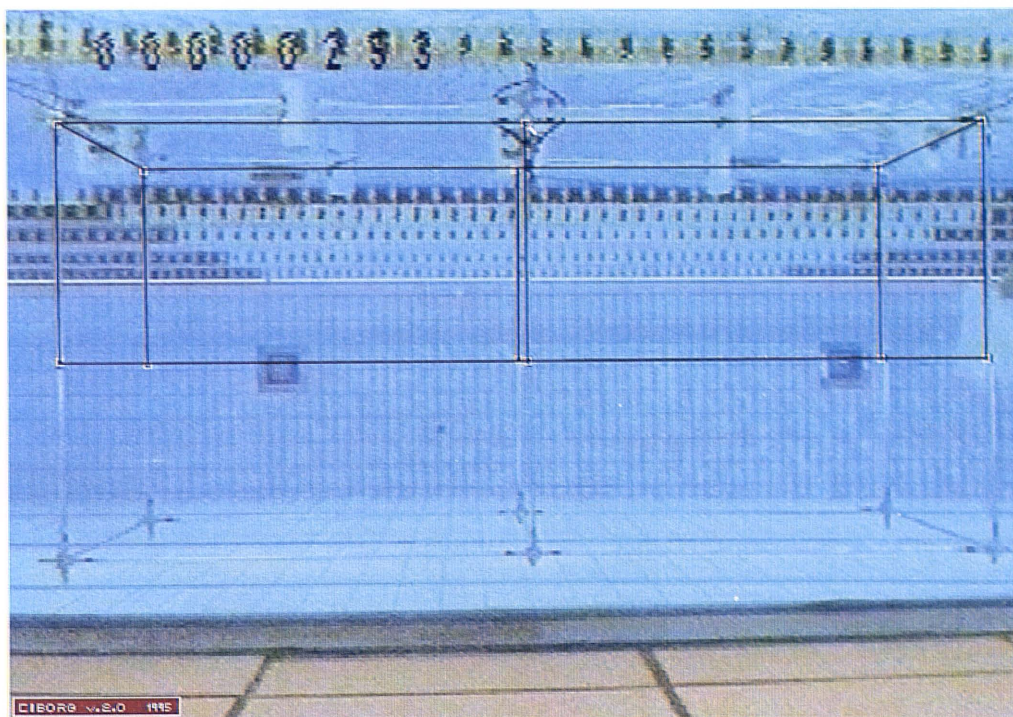


Figura 2.4.2.b. Vista lateral del S.R.I. en el área real de filmación

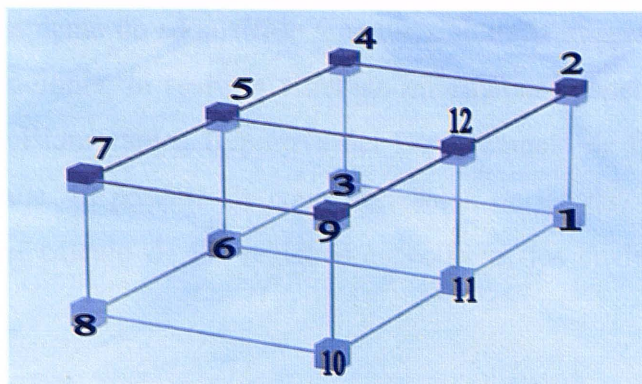


Figura 2.4.3.a.. Representación frontal del S.R.I.

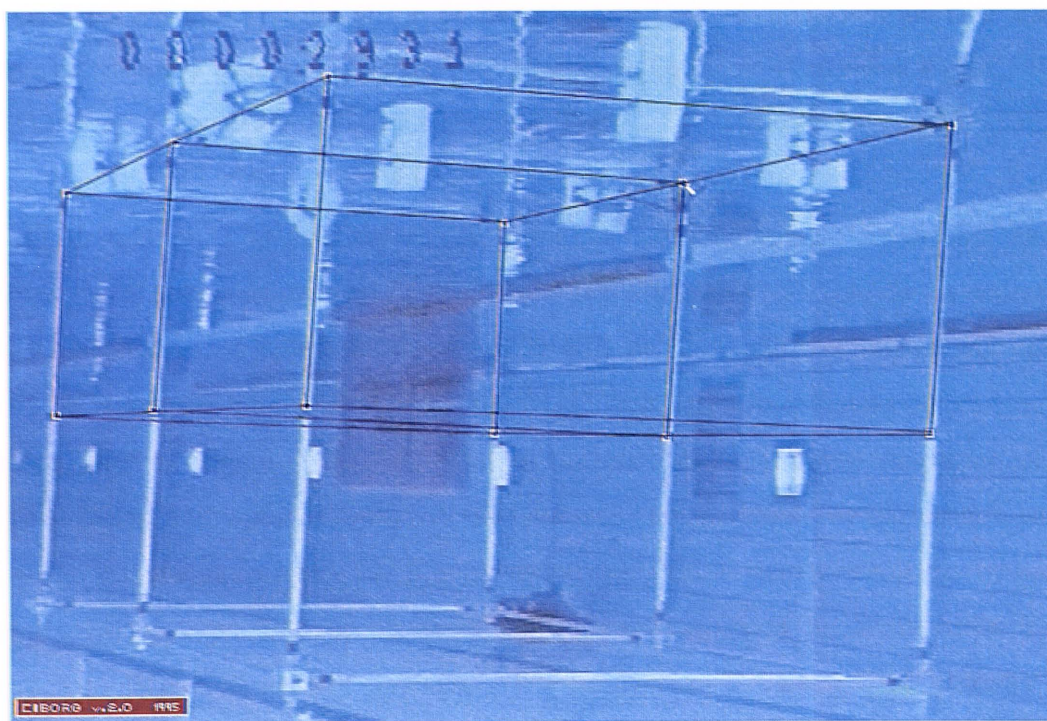


Figura 2.4.3 b. Vista frontal del S.R.I. en el área real de filmación.

#### 2.4.2.2. *Técnicas instrumentales para la captación y tratamiento de los datos.*

Una vez realizadas las filmaciones y con el fin de obtenerlos datos correspondientes a las posiciones espaciales de los puntos que definen la estructura alámbrica del nadador, ha sido necesario un tratamiento de adquisición y conversión de la imagen digitalizada que, por su complejidad y monotonía, lo realizan sistemas informáticos especializados y diseñados por el Laboratorio de Biomecánica Deportiva del Departamento de Educación Física de la Universidad de Granada. El proceso de computerización de los datos se realizó en cuatro fases genéricas más el cálculo de los registros específicos, los cuales se describen en los siguientes apartados:

##### a) Digitalización

El proceso se ha iniciado con la fase de digitalización, fase mediante la cual han sido detectadas y almacenadas en el ordenador las coordenadas planas de los puntos que componen la estructura alámbrica del nadador y del sistema de referencia utilizado, tanto de la película correspondiente a la toma lateral como la frontal, mediante programa informático CIBORG desarrollado por el Laboratorio de Biomecánica Deportiva la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de La Universidad de Granada. (Gutiérrez y cols., 1990; Soto, 1995).

La digitalización se ha desarrollado de forma manual, mediante un dispositivo interno que ha permitido gestionar la imagen dentro de una pantalla de 14" SVGA, de un ordenador PC-486 DX2 66 Mhz, con 8 MB de RAM y 420 MB de disco duro, gracias a una tarjeta capturadora de señal del vídeo SVGA VIDEOBLASTER, simultaneándose la imagen del vídeo con un sistema lógico (CIBORG) que ha utilizado el ratón como marcador de los puntos digitalizados. El magnetoscopio S-VHS Panasonic 850 utilizado, se caracteriza por su alta calidad de parada de imagen, un preciso mecanismo de avance y retroceso imagen a imagen y una buena capacidad de búsqueda rápida, reproduciendo las filmaciones en las correspondientes 50 imágenes por segundo. En las figuras 2.4.4.a y b se muestra una representación del programa de digitalización donde se aprecia la imagen recogida por el magnetoscopio, y superpuesta la estructura alámbrica de los puntos digitalizados, así como las opciones del programa en los cuadros de diálogo incluidos en la imagen.

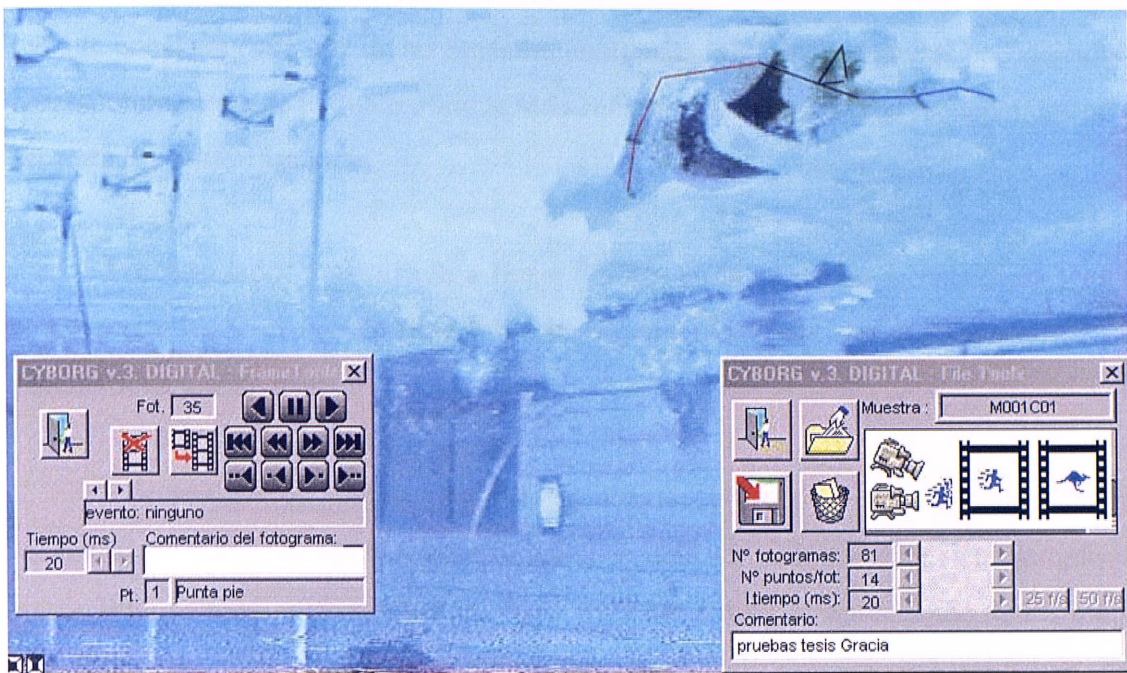


Figura 2.4.4. a. Proceso de digitalización de la imagen frontal.

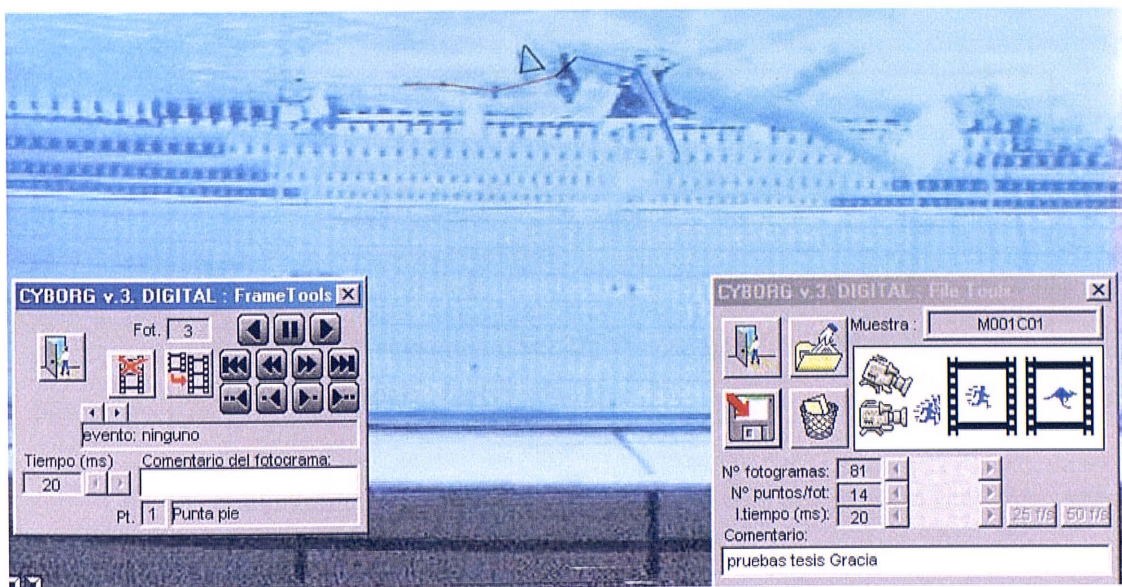


Figura 2.4.4. b. Proceso de digitalización de la imagen lateral.

La estructura alámbrica del nadador ha estado compuesta de 11 puntos, puesto que el estudio está limitado al comportamiento de las extremidades superiores, cabeza y nariz, que se ha digitalizado para mejorar la representación gráfica, y conocer la orientación de la cabeza. El proceso se ha repetido en cada uno de los, aproximadamente, 100 fotogramas de los que constaba cada una de las brazadas analizadas, almacenándose las coordenadas planas correspondientes a cada punto durante toda su trayectoria en ficheros secuenciales para poder ser tratados posteriormente.

Por otro lado, y siguiendo a Hatze (1990), en la medición biomecánica y el entorno computerizado en el que se desarrolla, se pueden identificar dos tipos de errores; errores sistemáticos y aleatorios.

Los errores de medida sistemáticos, introducen tendencias artificiales dentro de la secuencia de datos, de ahí que sean difíciles de detectar y de eliminar. Un ejemplo de error sistemático es aquél que se produce por las distintas formas de apreciación de los marcadores corporales por parte de diferentes operadores de digitalización en análisis fotogramétricos. Este tipo de error lo hemos medido, digitalizándose 10 veces el objeto de referencia, comparando la media de las distancias digitalizadas entre los diversos marcadores que conforman el objeto de referencia con las distancias reales entre dichos marcadores, aplicando la expresión E-1.

(E-1)

$$E.S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (D_i - R_i)^2}{n - 1}}$$

Donde E.S. es el error sistemático,  $D_i$ , el valor digitalizado,  $R_i$ , el valor real, y  $n$ , el número de puntos digitalizados.

Los errores sistemáticos hallados sobre los tres ejes del espacio han sido; sobre el eje x, 0.005 m, sobre el eje y, 0.004 m, y sobre el eje z, 0.002 m.

Por otro lado, otro tipo de error sistemático ha sido el denominado error computacional, los cuales son generados principalmente por problemas de conversión (analógico a digital, decimal a binario, etc.), por problemas de truncado o redondeo de cifras numéricas decimales, o por aproximaciones algorítmicas en los procesos internos de cálculo del microprocesador.

### Los Errores de medida aleatorios

Constituyen el segundo tipo de errores que contamina la señal registrada. Se suelen considerar como errores que se suman a la señal, saliéndose del rango de frecuencia que se podría considerar como normal. Habitualmente son fáciles de detectar, incluso visualmente. Así mismo, pueden minimizarse mediante múltiples tipos de algoritmos (Soto, 1995; Gianikellis y Gutiérrez, 1998). El cálculo de este error aleatorio, lo hemos hallado con la aplicación de la expresión E-2, mediante la cual se comparan las longitudes segmentarias brazos y antebrazos (segmentos considerados rígidos) en cada imagen, con las longitudes de dichos segmentos, calculadas con las medias de la totalidad de las imágenes, sin aplicar ningún algoritmo de suavizado de las coordenadas planas digitalizadas.

(E-2)

$$E.A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (D_i - \bar{D})^2}{n - 1}}$$

Donde E.A. es el error aleatorio,  $D_i$ , el valor digitalizado,  $\bar{D}$ , el valor real, y  $n$ , el número de puntos digitalizados.

El error aleatorio calculado por segmentos han sido los siguientes: Brazos 0.009 m, y antebrazos 0.007 m.

El primer paso a seguir para llevar a cabo el control de errores ha sido minimizar el error sistemático producido en la fase de digitalización por el operador del sistema detector. Por ello, todo el proceso de digitalización ha sido realizado por la misma persona, estableciendo un criterio y manteniéndolo a lo largo de todo el proceso (Vera y cols., 1985). Además, el investigador ha realizado un proceso de entrenamiento/ aprendizaje de

observación de los puntos a digitalizar con el objetivo de lograr la fiabilidad que requiere el análisis biomecánico (Plagenhoef, 1971), para ello se ha utilizado el entrenamiento progresivo planteado por Soto, (1995).

b) Suavizado, interpolación y sincronizado de ambas filmaciones

Como ya se ha comentado en el apartado anterior, las coordenadas obtenidas en el proceso de digitalización han contenido una serie de errores en su localización, ya sea por problemas asociados a la tecnología detectora utilizada o bien por la participación humana en el proceso deductivo de localización. Ha sido preciso, la utilización de algún algoritmo que permita suavizar, minimizar y, si es posible, eliminar esos errores asociados a las coordenadas (Soto, 1995).

El proceso de reducción del error, se ha basado en la obtención de una serie de funciones matemáticas cuyo comportamiento dinámico y trayectoria dependerá del grado de suavizado deseado por el investigador. Habitualmente, las funciones obtenidas no sólo son utilizadas para minimizar los errores. Según Hatze (1990), la utilización de técnicas basadas en la obtención de funciones matemáticas sobre las trayectorias descritas por los puntos corporales tiene una triple utilidad: a) suavizar y minimizar posibles errores de apreciación en la determinación de los puntos anatómicos, b) la posibilidad de interpolar, y c) la utilización de derivadas sobre dichas funciones con el propósito de obtener los parámetros cinemáticos.

En nuestro caso, se ha realizado mediante la técnica de Splines de quinta potencia, desarrolladas por Wood y Jennings (1979) y adaptadas por (Gutiérrez y cols., 1990), los datos correspondientes a las coordenadas planas de los puntos digitalizados de cada una de las películas han sido suavizados e interpolados con un intervalo de tiempo de 0.01 s. La sincronización entre ambas cámaras no se ha basado en ningún dispositivo físico, ya sea interno o externo, ya que ésta ha sido realizada mediante metodologías de cálculo matemático desarrolladas por Gutiérrez y Martínez (2000). Un ejemplo de este proceso de suavizado se observa en la figura 2.4.5.



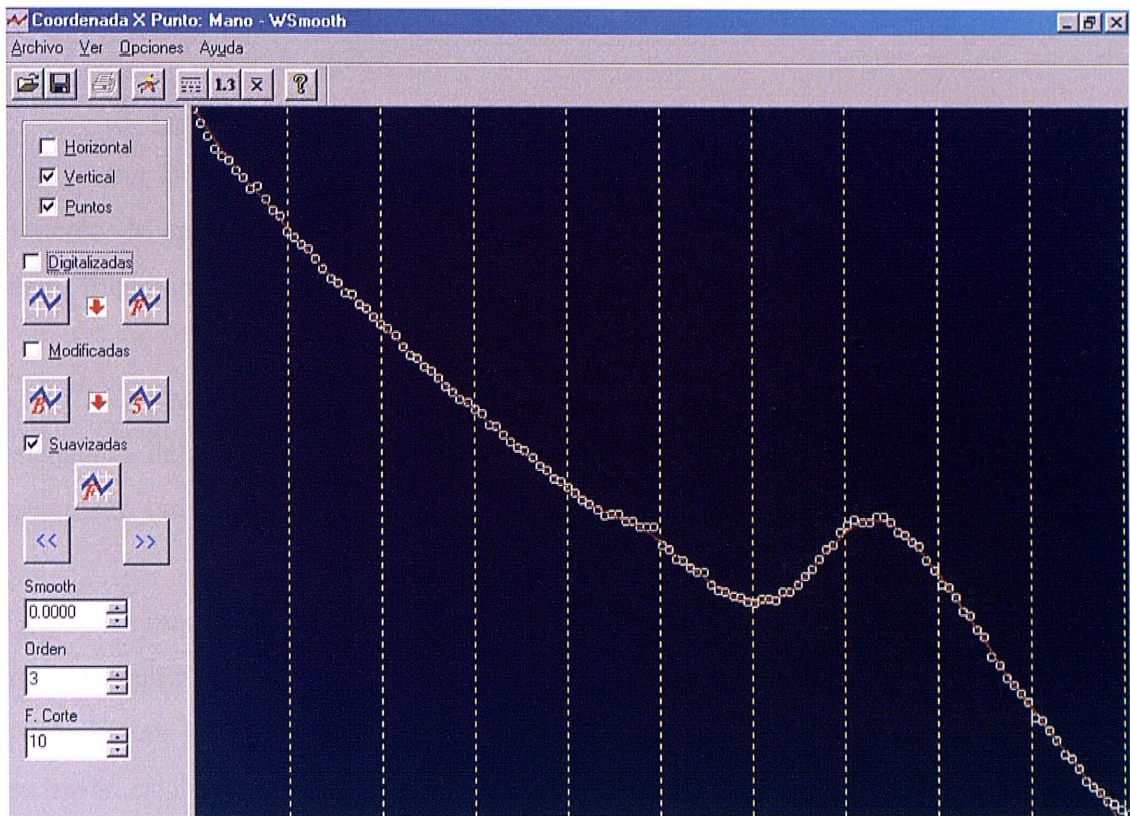


Figura 2.4.5. Suavizado de las coordenadas digitalizadas.



c) Reconstrucción tridimensional de coordenadas

En una tercera fase se obtuvieron las coordenadas espaciales de cada uno de los 11 puntos digitalizados con respecto al sistema de referencias inercial definido previamente, utilizando para ello las técnicas de transformación lineal directa (DLT) descritas por Abdel-Aziz y Karara (1971), adaptadas por Tortosa (1987) y Gutiérrez y cols.. (1990) para el sistema de análisis utilizado.

d) Generación de resultados

Por último, se utilizaron diferentes rutinas de cálculo incorporadas en la estructura del sistema de análisis utilizado, descritas por Gutiérrez y cols.. (1990), y otras desarrolladas específicamente para este estudio.

Es preciso indicar, como punto de partida de todo análisis biomecánico, el modelo mecánico del cuerpo humano que se ha utilizado, en función de las necesidades que ha planteado este estudio.

El modelo humano diseñado para el análisis del movimiento de brazos del nadador está definido por 8 segmentos para lo cual se requieren 11 puntos. Este modelo utiliza parcialmente los parámetros inerciales aportados por De Leva (1996) Tabla 2.4.3, de ahí que se hayan establecido los segmentos y localizaciones puntuales definidos por este autor para el modelado parcial del cuerpo humano.

La ubicación de los puntos corresponden a centros de rotación articulares. Esta estructura de puntos define un modelo de 8 segmentos, los cuales se muestran en la Tabla 2.4.4.

**Tabla 2.4.3. Parámetros inerciales aportados por de Leva (1996).**

SEGMENTO	MASA	CG	PUNTO PROXIMAL	PUNTO DISTAL
Cabeza y cuello	6.94%	40.27%	Gonion medio	Vértex
Tronco	43.46%	43.78%	Supraesternale	Cadera media
Brazo	2.71%	49.81%	Art.hombro	Art.codo
Antebrazo	1.62%	45.15%	Art.codo	Art.muñeca
Mano	0.61%	78.72%	Art.muñeca	3º metacarpiano
Muslo	14.17%	42.41%	Art.cadera	Art.rodilla
Pantorilla	4.33%	45.54%	Art.rodilla	Art.tobillo
Pie	1.37%	44.15%	Talón	Dedo 1º
Cabeza y cuello	6.94%	49.05%	Mentón	Vértex
Tronco	43.46%	51.53%	Cervicale	Cadera media
Antebrazo	1.62%	45.61%	Art.codo	Stylion
Mano	0.61%	79.45%	Stylion	3ºmetacarpiano
Muslo	4.33%	44.88%	Art.rodilla	Maleolo lateral

**Tabla 2.4.4. Puntos y segmentos utilizados para el modelado humano del nadador en este estudio.**

Puntos		Segmentos	
1	Estiloides 3° dedo derecho	1	Mano derecha
2	Muñeca derecha	2	Antebrazo derecho
3	Codo derecho	3	Brazo derecho
4	Hombro derecho	4	Línea de hombros
5	Hombro izquierdo	5	Brazo izquierdo
6	Codo izquierdo	6	Antebrazo izquierdo
7	Muñeca izquierda	7	Mano izquierda
8	Estiloides 3° dedo izquierdo	8	Cabeza
9	Gonion medio		
10	Vértex		
11	Nariz		

### 2.4.3. *Procedimiento.*

Al igual que en el estudio anterior, el registro de las filmaciones fue realizado en una sesión de entrenamiento planteada a los nadadores como de “análisis técnico”, y básicamente se siguió idéntico procedimiento salvo la eliminación del implemento usado como aleta dorsal en el estudio anterior.

Los nadadores efectuaron un calentamiento de competición, normalizado, tras el cual realizaron 9 series de 15m. saliendo cada 2 minutos a velocidad lo más próxima posible al ritmo de nado en 100 metros. Se estableció un orden de ejecución aleatorio para cada uno de los sujetos con el fin de evitar la variable contaminante de aprendizaje debida al efecto orden. (Figura 2.3.5).

### 2.4.4. *Variables establecidas*

#### 2.4.4.1. *Variable Independiente.*

Al igual que en el estudio anterior consideramos variable independiente a la acción técnica ejecutada, en la que diferenciamos varios niveles:

- a) Nado crol con respiración por el lado dominante (**NRdom.**) el nadador realiza el ejercicio a estilo crol completo, coordinando una respiración por ciclo de brazos hacia el lado habitual de respiración (Figura 2.4.6.)
- b) Nado crol con respiración por el lado no dominante (**NRnodom.**) el nadador realiza el ejercicio a estilo crol completo, coordinando una respiración por ciclo de brazos hacia el lado menos habitual de respiración (Figura 2.4.7.)
- c) Nado crol sin respirar (**NSR**) el nadador realiza el ejercicio a estilo crol completo, sin realizar en ningún momento la acción de respiración, manteniendo apnea respiratoria en la ejecución de la serie. (Figura 2.4.8.)
- d) Nado con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respiración al lado ejecutor (**Bext.Rejec.**) el nadador realiza el ejercicio con un solo brazo y acción de piernas, mientras mantiene el otro brazo inmóvil y extendido delante de la cabeza, realizando una respiración por brazada hacia el mismo lado del brazo ejecutor (Figura 2.4.9.).

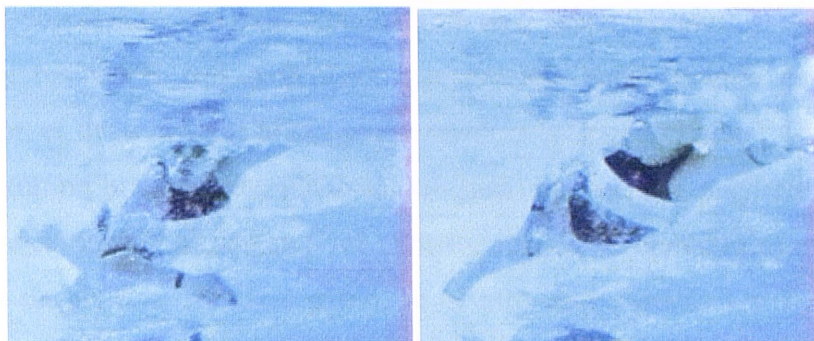


Figura 2.4.6. Nado crol con respiración por el lado dominante (NRdom.).

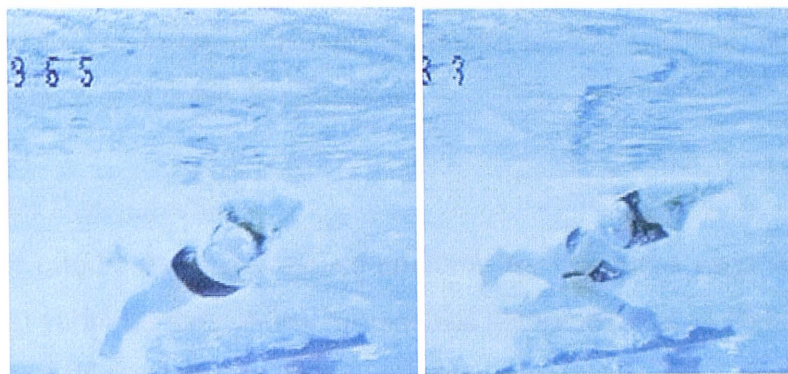


Figura 2.4.7 . Nado crol con respiración por el lado no dominante (NRnodom.).

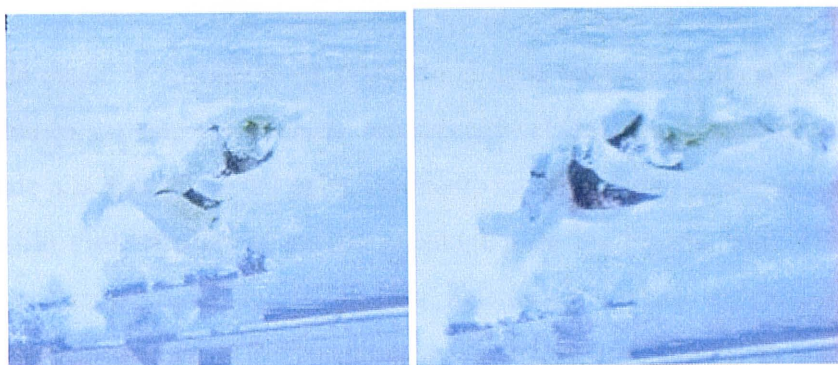


Figura 2.4.8. Nado crol sin respirar (NSR).

- e) Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo no ejecutor (**Bflex.Rnoejec.**) el nadador realiza el ejercicio con un solo brazo y acción de piernas, mientras mantiene el otro brazo inmóvil y flexionado junto al cuerpo, realizando una respiración por brazada hacia el lado contrario del brazo ejecutor, es decir hacia el brazo que permanece estático (Figura 2.4.10.).
- f) Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo ejecutor (**Bflex.Rejec.**) el nadador realiza el ejercicio con un solo brazo y acción de piernas, mientras mantiene el otro brazo inmóvil y flexionado junto al cuerpo, realizando una respiración por brazada hacia el mismo lado del brazo ejecutor (Figura 2.4.11.).

Analizando en cada uno de estos niveles las acciones tanto del brazo derecho como del brazo izquierdo, por lo tanto, cada nivel descrito tendrá, a su vez, otros dos niveles de acción relacionados con el brazo de ejecución.

#### 2.4.4.2. *Variables Dependientes*

Para este estudio tridimensional se midieron las siguientes variables, organizadas en cuatro grupos: a) variables temporales, b) variables goniométricas, c) variables de posiciones espaciales y d) variables relativas a las velocidades.

##### a) Variables temporales.

Para este estudio, al igual que en el anterior, sólo hemos considerado la fase acuática de la acción de los brazos, considerada como fase propulsiva y también denominada tracción, que comprende desde la entrada de la mano en el agua hasta la salida de la misma mano del agua. Sin embargo, en este caso hemos considerado el final de la tracción el momento en el que el codo sale a la superficie del agua, momento en que, como se expuso en la descripción técnica del estilo crol, finaliza la acción propulsiva de los brazos. Esto es debido a que la grabación y posterior digitalización de los sujetos se realizó únicamente con cámaras subacuáticas, con lo que en el momento que los segmentos salen a la superficie del agua están fuera del plano de visión y no pueden ser digitalizados.

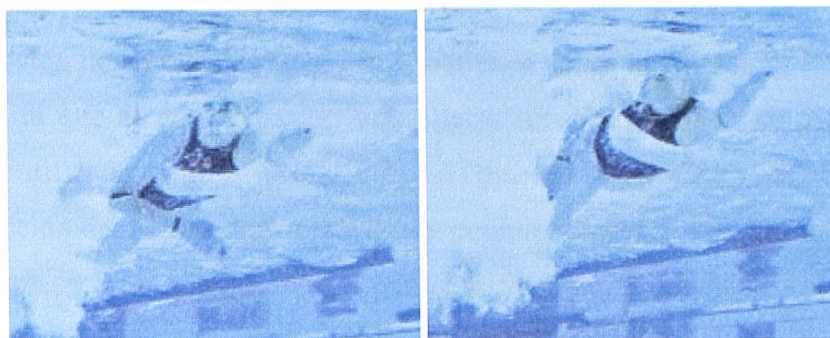


Figura 2.4.9. Nado con un brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el lado del brazo ejecutor. (Bext.Rejec.).



Figura 2.4.10. Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo no ejecutor. (Bflex.Rnoejec.).

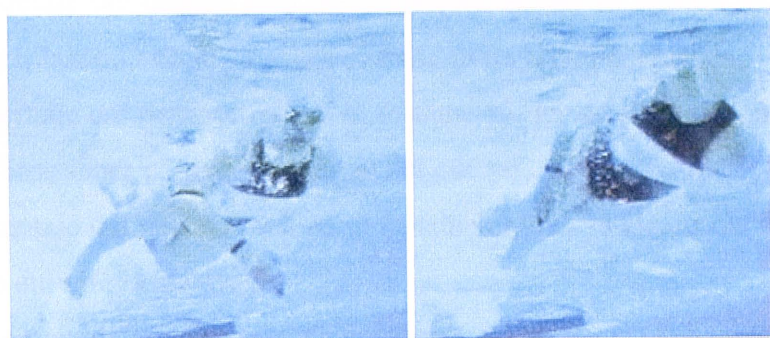


Figura 2.4.11. Nado con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado del brazo ejecutor. (Bflex.Rejec.).

Así mismo, se han considerado cuatro acciones diferentes cuya duración hemos medido:

- a.1 Acción de entrada y extensión: comprende desde la entrada de la mano en el agua hasta que alcanza el punto más adelantado. La duración de esta fase la hemos identificado como  $t_1$ . La figura 2.4.12 muestra la posición final de esta acción.
- a.2 Acción de movimiento hacia abajo: comprende desde el punto más adelantado de la mano hasta que alcanza el punto de máxima profundidad. La duración de esta fase la hemos identificado como  $t_2$ . La figura 2.4.13 muestra la posición final de esta acción.
- a.3 Acción de movimiento hacia dentro: comprende desde el punto de máxima profundidad hasta que alcanza la mano la posición más medial de su desplazamiento. La duración de esta fase la hemos identificado como  $t_3$ . La figura 2.4.14 muestra la posición final de esta acción.
- a.4 Acción de movimiento hacia arriba: comprende desde el punto más medial hasta la salida de la mano del agua. La duración de esta fase la hemos identificado como  $t_4$ . La figura 2.4.15 muestra la posición final de esta acción.
- a.5 Acción total del movimiento de tracción: comprende el total de las tres fases anteriores. La duración de esta fase la hemos identificado como  $t_t$ .

Así mismo hemos analizado el momento, expresado en porcentaje del tiempo total de brazada, en que se alcanzan determinadas variables consideradas relevantes. Estos son los siguientes:

- ✓ Porcentaje del tiempo total en el instante en que se alcanza la velocidad máxima de desplazamiento de la mano durante su trayectoria acuática.
- ✓ Porcentaje del tiempo total en el instante en que se alcanza la máxima rotación de hombros sobre el eje longitudinal del cuerpo.
- ✓ Porcentaje del tiempo total en el instante en que se alcanza la máxima flexión del codo durante la tracción.
- ✓ Porcentaje del tiempo total en el instante en el que la mano finaliza el movimiento hacia delante.



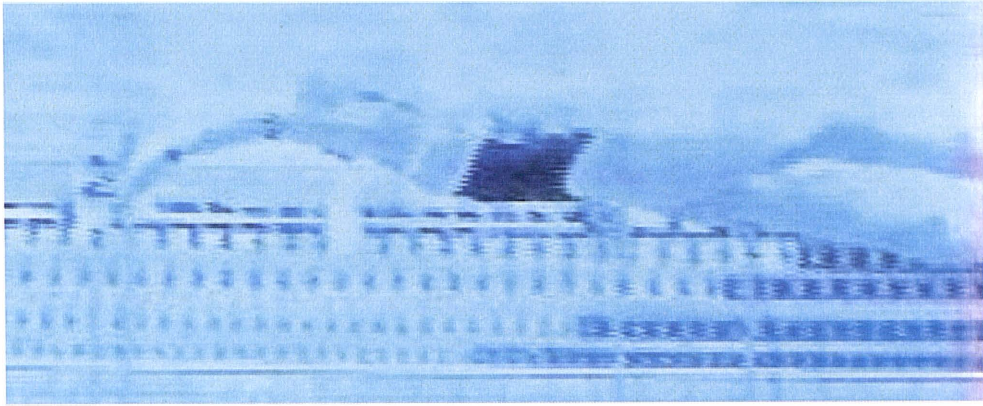


Figura 2.4.12. Fotograma representativo del final del movimiento de entrada y extensión.

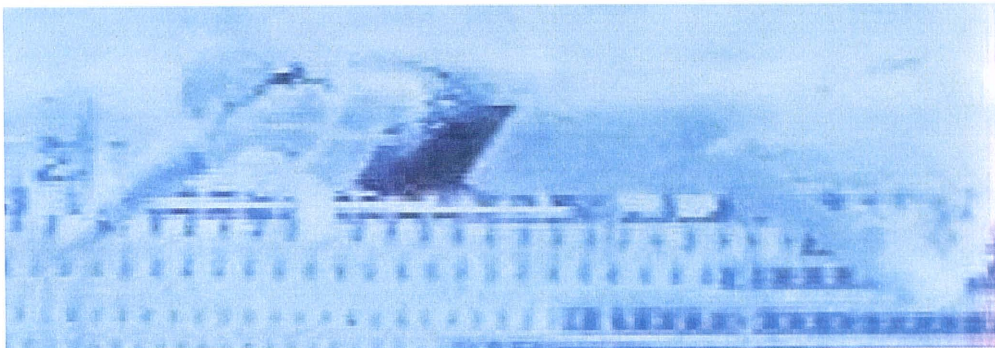
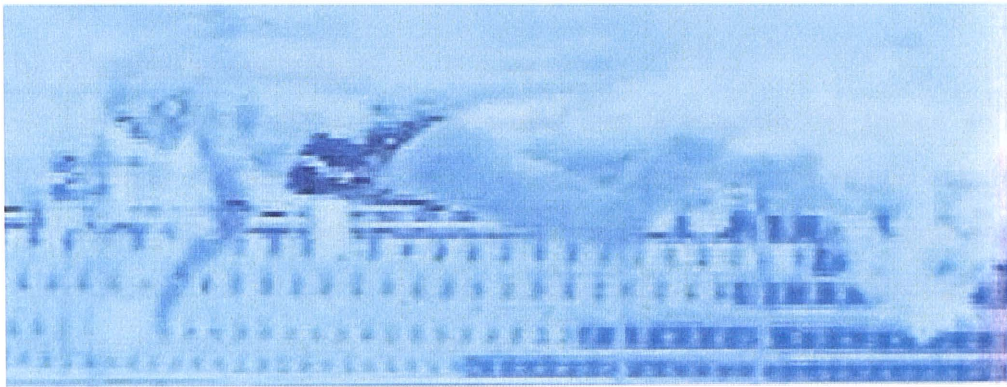


Figura 2.4.13. Fotograma representativo del final del movimiento hacia abajo.



**Figura 2.4.14. Fotograma representativo del final del movimiento hacia dentro.**



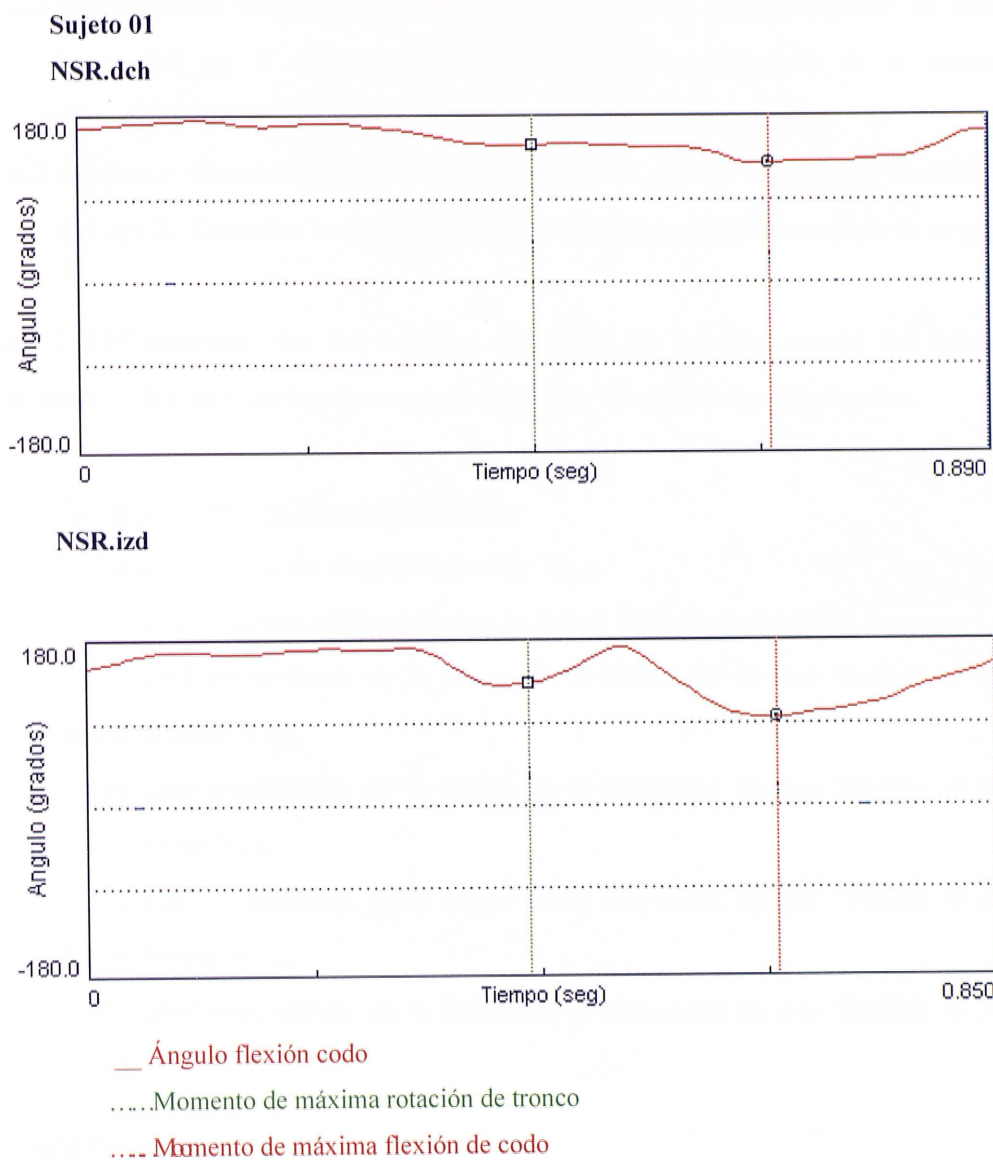
**Figura 2.4.15. Fotograma representativo del final del movimiento ascendente.**

- ✓ Porcentaje del tiempo total en el instante en el que la mano finaliza el movimiento hacia abajo.
- ✓ Porcentaje del tiempo total en el instante en el que la mano finaliza el movimiento hacia dentro.

b) Variables goniométricas.

Las variables angulares relacionadas con la rotación del tronco sobre el eje longitudinal del cuerpo no se han considerado en el presente estudio debido a que la grabación y posterior digitalización de los sujetos se realizó únicamente con cámaras subacuáticas, de tal modo que en determinados momentos, coincidentes con las mayores rotaciones en las que uno de los hombros permanece fuera del agua, no es posible su digitalización, lo cual impide obtener el ángulo comprendido entre la línea de hombros y la superficie del agua. Por este motivo se obtuvo únicamente el ángulo de máxima flexión de codo durante la tracción y el momento en que aparecía. Se calculó, así mismo el momento en que se produce la máxima rotación de tronco, considerado como el momento en que el hombro sumergido alcanza máxima profundidad obteniéndose gráficas con la amplitud del ángulo de flexión de codo a lo largo de la tracción como se ve en la figura 2.4.16. en la que se distinguen, además, los momentos de máxima flexión del codo y de máxima rotación de hombros.

- b.1 Ángulo de máxima flexión del codo ( $\beta_{Cmax}$ ). Considerado como el menor ángulo formado por los segmentos corporales brazo y antebrazo durante la acción propulsiva del brazo analizado.
- b.2 Momento en que aparece la máxima flexión de codo ( $\% \beta_{Cmax}$ ).
- b.3 Momento en que aparece la máxima rotación de tronco hacia el lado ejecutor ( $\% \theta_{Hmax}$ ).



**Figura 2.4.16.** Amplitud del ángulo de flexión de codo a lo largo de la tracción y momentos de máxima rotación de tronco y máxima flexión de codo obtenidos en el sujeto S01 en el ejercicio nado crol sin respirar.

- c) Variables espaciales (análisis de las trayectorias).
- c.1 Longitud: distancia recorrida por la mano en el movimiento de tracción a lo largo del eje X. Describe la distancia del movimiento de la mano de delante hacia atrás.
  - c.2 Profundidad: distancia recorrida por la mano en el movimiento de tracción a lo largo del eje Y. Describe la distancia del movimiento de la mano desde la superficie del agua hasta el punto de máxima profundidad.
  - c.3 Anchura: distancia recorrida por la mano en el movimiento de tracción a lo largo del eje Z. Describe la distancia del movimiento medio-lateral de la mano.

La figura 2.4.17 muestra las trayectorias obtenidas en los tres planos del espacio, en las cuales se indican los ejes en los que se han obtenido las distancias recorridas.

d) Variables relativas a las velocidades

- d.1 Velocidad media de desplazamiento  $V_{t(m)}$ .
- d.2 Velocidad máxima alcanzada por la mano durante la tracción  $V_{t(max)}$ .
- d.3 Velocidad instantánea de la mano en el momento en que finaliza el movimiento hacia delante  $V_{t(1)}$ .
- d.4 Velocidad instantánea de la mano en el momento en que finaliza el movimiento hacia abajo  $V_{t(2)}$ .
- d.5 Velocidad instantánea de la mano en el momento en que finaliza el movimiento hacia dentro  $V_{t(3)}$ .
- d.6 Velocidad instantánea de la mano en el momento en que finaliza el movimiento hacia arriba  $V_{t(4)}$ .

Obteniéndose gráficas de velocidad a lo largo de la tracción como se ve en la figura 2.4.18. donde se indican, además, los momentos en los que se registraron las velocidades instantáneas.

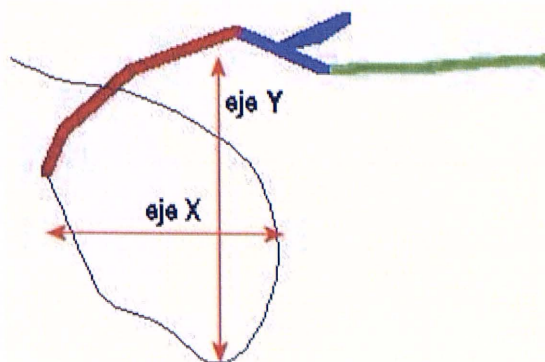


Figura 2.4.17.a. Visión lateral

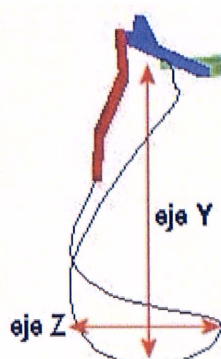


Figura 2.4.17.b. Visión frontal

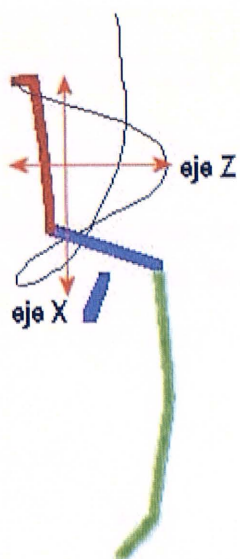
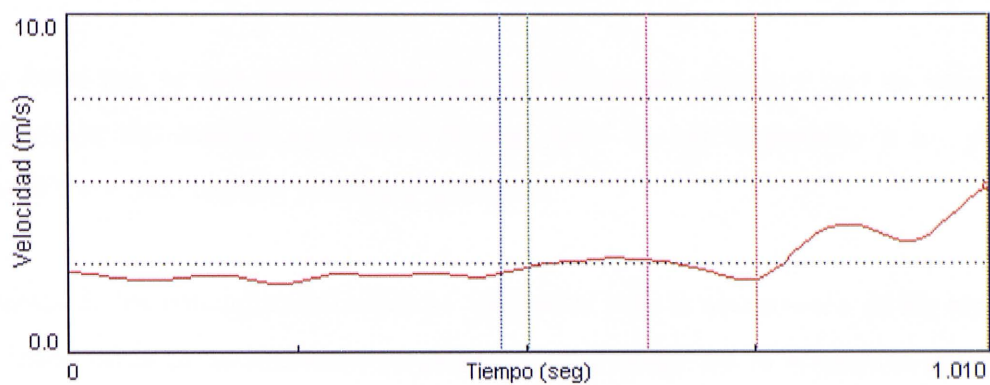


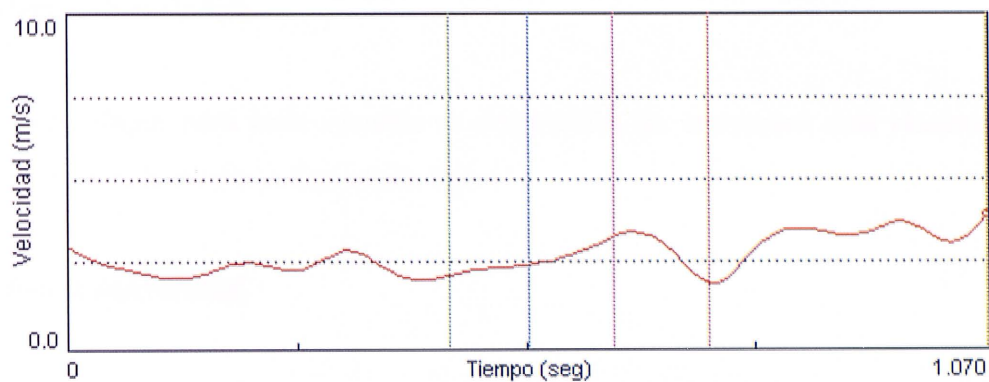
Figura 2.4.17.c. Visión superior

Figura 2.4.17. Representación de los ejes espaciales en la trayectoria tridimensional.

Sujeto 01  
NRdom.dch



NRdom.izd



.....  $V_{t(1)}$  .....  $V_{t(2)}$  .....  $V_{t(3)}$  .....  $V_{t(max)}$

Figura 2.4.18. Gráficas de velocidad de la mano derecha e izquierda a lo largo de la tracción obtenidos en el sujeto S01 en el ejercicio nado crol con respiración al lado dominante

## 2.5 Estudio estadístico.

El estudio estadístico que se realiza en esta tesis es el mismo para los dos estudios que la componen.

Los datos que se han utilizado proceden de la hoja de cálculo Excel de Microsoft y para la obtención del análisis estadístico de los datos se han exportado a los paquetes estadísticos SPSS y Statgraphics Plus para Windows.

Además de los conceptos descriptivos utilizados para la elaboración de los resultados se han utilizado otros procedimientos estadísticos procedentes de la inferencia paramétrica que pasamos a describir.

### 2.3.1. *Estadística Descriptiva*

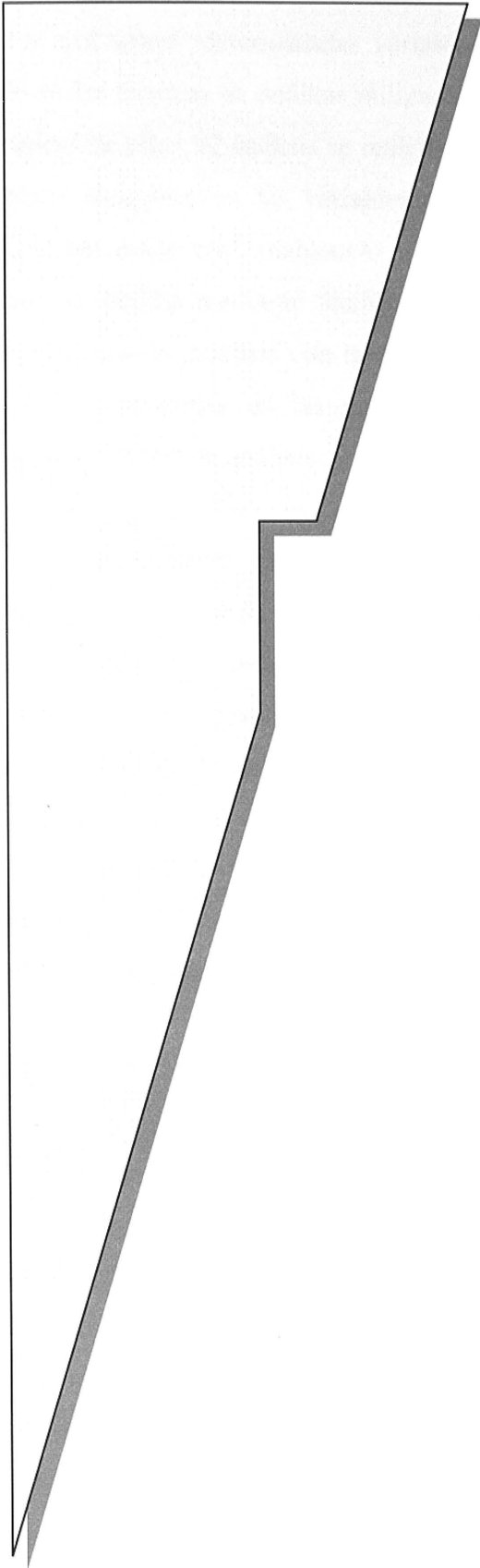
En primer lugar para cada variable se determinan los conceptos más clásicos de la descriptiva como son la media y desviación típica

### 2.3.2. *Estadística inferencial.*

El primer paso es realizar un contraste de la bondad de ajuste de la muestra. En la investigación que centra este estudio, el contraste que planteamos es que la distribución de las variables sea Normal frente a que no lo sea. El contraste de normalidad de los datos lo hacemos con el test de kolmogorov-smirnov. Este test consiste en analizar las diferencias entre la función de distribución empírica o muestral y la función de distribución bajo la hipótesis nula.

Una vez comprobada la normalidad de los datos objeto de estudio realizamos el contraste de hipótesis respecto a la diferencia entre medias muestrales. Este tipo de contraste se realiza para poblaciones con distribución Normal. Supuesta la normalidad de las variables y teniendo en cuenta que desconocemos la varianza poblacional utilizamos el TEST DE T-STUDENT, donde el contraste de hipótesis es tomar como hipótesis nula la igualdad entre las medias muestrales, o la diferencia entre ellas cero, frente a la desigualdad de las medias.





RESULTADOS

### 3. RESULTADOS

Como ya hemos visto en apartados anteriores, los dos estudios llevados a cabo en la presente tesis tienen como objetivo analizar el efecto de las diferentes ejecuciones técnicas del nado a crol sobre determinadas variables biomecánicas. La diferencia entre ambos estudios reside en las técnicas de análisis utilizadas y el número de registros o factores manipulados. En el primero de ellos, el análisis se realiza mediante técnicas bidimensionales (2D) y se describen los datos obtenidos en las variables temporales y angulares ante las diferentes ejecuciones técnicas del estilo crol analizando las diferencias que existen o no entre ellos, el segundo estudio, se realiza mediante técnicas fotogramétricas tridimensionales (3D) y se efectúa el mismo proceso de análisis con las variables temporales, angulares, espaciales y relativas a las velocidades obtenidas en las distintas ejecuciones presenta, por tanto, mayor número de registros o factores de análisis.

En el presente apartado se exponen y discuten independientemente los resultados obtenidos de cada uno de los estudios comentados. La organización del presente capítulo, por tanto, dispondrá de dos grandes apartados, desglosados en el análisis de cada uno de los diversos registros biomecánicos obtenidos, así como de las diferencias aparecidas o no tras el tratamiento estadístico aplicado en cada caso.

Con respecto al tratamiento estadístico, en primer lugar se realizó un análisis descriptivo a partir de las medidas de tendencia central, posteriormente y tras el análisis de la normalidad de los datos objeto de estudio mediante el test de kolmogorov-smirnov, se aplicó una estadística inferencial, con el propósito de conocer las diferencias que pueden existir entre los registros.

#### 3.1. Resultados del primer estudio.

En este apartado se presentan y analizan los resultados del primer estudio, donde se utiliza fotogrametría bidimensional con visión simultánea bajo la superficie del agua y por encima de ella, en diferentes condiciones de ejecución del estilo crol. Se han obtenido ciertos registros temporales que corresponden al tiempo total empleado por la mano en realizar el movimiento de tracción, o fase acuática de la brazada, así como los tiempos empleados en cada una de las tres fases en que se ha dividido el movimiento completo de tracción. Se han obtenido, además, ciertos registros angulares que indican tanto el grado de rotación de hombros sobre el eje longitudinal del cuerpo como el ángulo de flexión del codo. Todo ello en ante ejecuciones

técnicas variadas, que incluyen ejercicios a nado completo y ejercicios ejecutados con un solo brazo asociados a modificaciones posturales y relacionadas con el lado de respiración. Siempre haciendo referencia al estilo crol.

### 3.1.1. *Variables temporales.*

Se ha registrado el tiempo total empleado en realizar el movimiento acuático de la mano (tracción), esto es, desde que entra en el agua hasta que sale de ella ( $T_t$ ) y los tiempos empleados en cada una de las fases en que hemos dividido la tracción: tiempo de movimiento hacia abajo ( $t_1$ ); tiempo de movimiento hacia dentro ( $t_2$ ) y tiempo de movimiento ascendente ( $t_3$ ).

El análisis de las variables temporales se ha realizado tanto en valores absolutos, expresándose la duración en segundos ( $S$ ), como en valores relativos, expresándose la duración de cada movimiento como porcentaje del tiempo total de la tracción o fase acuática completa (%).

Esta distinción en tiempo real y relativo se ha visto conveniente debido a la consideración de que la expresión en tiempo real ( $S$ ) de los datos permite observar las duraciones medias, de cada fase, y su aumento o reducción con relación a los diferentes ejercicios ejecutados y, por otro lado, la expresión en tiempo relativo (%) de los datos es interesante para conocer la contribución de cada una de las fases del movimiento con respecto al tiempo total de tracción, lo cual nos permitirá además, poder establecer comparaciones entre los sujetos del presente estudio o con otros estudios.

La primera fase en que dividimos el movimiento de tracción es la acción de movimiento hacia abajo ( $T_1$ ): cuantificada como el tiempo empleado por la mano en recorrer el espacio comprendido desde la entrada de la mano en el agua hasta que alcanza el punto de máxima profundidad.

En la tabla 3.1.1. se muestra como la duración de la fase  $T_1$  presenta los valores más reducidos en el ejercicio realizado a crol completo sin respirar (NSR), tanto en las ejecuciones con brazo derecho como con el izquierdo, (0.406s y 0.388s respectivamente), mostrando estos datos diferencias significativas ( $p < 0.01$ ), como se observa en la tabla de contrastes 3.1.3,

cuando se cruzan con los correspondientes a los ejercicios de nado crol estilo completo con respiración (NRdom y NRnodom), exceptuando el cruce entre NSR.dch y NRdom.izd, los cuales presentan registros más elevados y próximos a 0.500s. Las diferencias entre las ejecuciones con respiración se reducen al cruce entre brazo derecho e izquierdo en el ejercicio con respiración al lado dominante, a nivel de  $p < 0.05$ .

La duración de movimiento hacia abajo presenta los valores más elevados en los ejercicios realizados con un solo brazo (tabla 3.1.2.), donde todos superan los 0.520s. De este modo, en la tabla 3.1.3, encontramos diferencias claramente significativas ( $p < 0.001$ ) al cruzar estos datos con los procedentes del ejercicio crol sin respiración y, así mismo, ciertas diferencias ( $p < 0.05$ ) con el resto de los ejercicios ejecutados a nado completo y con respiración, destacando la práctica ausencia de diferencias entre los ejercicios con respiración y el ejercicio realizado con el brazo no ejecutor extendido (Bext.Rejec), con la ligera excepción ( $p < 0.05$ ) del cruce con el ejercicio NRdom.Izd.

La siguiente fase en que dividimos el movimiento de tracción es la acción de movimiento hacia dentro  $T_2$  cuantificada como el tiempo empleado por la mano en recorrer el espacio comprendido desde el punto de máxima profundidad hasta que alcanza la mano la posición más medial de su desplazamiento. Observando las tablas 3.1.1 y 3.1.2, se puede comentar que los datos obtenidos en esta fase de movimiento son similares en todos los ejercicios, lo cual se confirma al comprobar, una vez realizado el análisis estadístico, que no existen diferencias significativas entre ellos, por lo cual no se muestra la matriz de significación. Creemos que sí es oportuno comentar, que esta es la única fase en la que las duraciones medias de los ejercicios realizados con un solo brazo son ligeramente más reducidas (entre 0.188s y 0.206s) que las duraciones medias de los ejercicios realizados a nado completo (entre 0.198s y 0.213s) aspecto exclusivo de esta segunda acción del movimiento de tracción.

**Tabla 3.1.1. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales, expresadas en segundos, en los ejercicios realizados a nado completo, medidas en el estudio 1.** Considerando T1 como el tiempo de movimiento hacia abajo; T2 tiempo de movimiento hacia dentro; T3 tiempo de movimiento ascendente y Tt duración completa de la tracción. Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	T <sub>1</sub> absoluto (s)		T <sub>2</sub> absoluto (s)		T <sub>3</sub> absoluto (s)		T <sub>total</sub> (s)	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>NRdom.Dch</b>	0.49	0.17	0.21	0.07	0.34	0.04	1.05	0.14
<b>NRdom.Izd</b>	0.45	0.12	0.21	0.05	0.35	0.05	1.01	0.13
<b>NRnodom.Dch</b>	0.49	0.16	0.21	0.07	0.36	0.06	1.06	0.15
<b>NRnodom.Izd</b>	0.48	0.14	0.21	0.06	0.34	0.05	1.03	0.15
<b>NSR.Dch</b>	0.41	0.16	0.21	0.07	0.32	0.04	0.93	0.12
<b>NSR.Izd</b>	0.39	0.12	0.20	0.08	0.31	0.03	0.90	0.13

**Tabla 3.1.2. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio 1, expresadas en segundos, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.** Considerando T1 como el tiempo de movimiento hacia abajo; T2 tiempo de movimiento hacia dentro; T3 tiempo de movimiento ascendente y Tt duración completa de la tracción. Donde: Bext.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	T <sub>1</sub> absoluto (s)		T <sub>2</sub> absoluto (s)		T <sub>3</sub> absoluto (s)		T <sub>total</sub> (s)	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	0.52	0.17	0.20	0.07	0.37	0.04	1.09	0.19
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	0.57	0.22	0.19	0.04	0.36	0.05	1.12	0.22
<b>Bflex.Rnoejec.Dch</b>	0.56	0.15	0.19	0.03	0.44	0.04	1.19	0.15
<b>Bflex.Rnoejec.Izd</b>	0.56	0.15	0.21	0.07	0.48	0.09	1.25	0.17
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	0.56	0.17	0.20	0.07	0.39	0.05	1.15	0.17
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	0.57	0.23	0.19	0.06	0.40	0.08	1.16	0.26

**Tabla 3.1.3. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia abajo, en el estudio 1.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom. Dch</i>	<i>NRdom. Izd</i>	<i>NRnodom. Dch</i>	<i>NRnodom. Izd</i>	<i>NSR Dch</i>	<i>NSR Izd</i>	<i>Bext.Rejec. Dch</i>	<i>Bext.Rejec. Izd</i>	<i>Bflex.Rnoejec. Dch</i>	<i>Bflex.Rnoejec. Izd</i>	<i>Bflex.Rejec. Dch</i>	<i>Bflex.Rejec. Izd</i>
NRdom.Dch	-	*	-	-	**	**	-	-	**	*	*	*
NRdom.Izd		-	-	-	-	**	*	*	***	***	*	**
NRnodom.Dch			-	-	***	**	-	-	*	-	-	*
NRnodom.Izd				-	**	***	-	-	**	*	*	*
NSR.Dch					-	-	**	***	***	***	***	***
NSR.Izd						-	**	***	**	***	***	***
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	-	*	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Dch								-	-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Izd									-	-	-	-
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

El movimiento ascendente ( $T_3$ ), es considerado como el tiempo empleado por la mano en recorrer el espacio comprendido desde el punto más medial de su desplazamiento (final del movimiento hacia dentro) hasta que sale del agua, momento en que finaliza la tracción y último movimiento, por tanto, que se describe en la trayectoria de la tracción en el estilo crol.

Los datos descriptivos de esta variable se muestran también en las tablas 3.1.1 y 3.1.2, aparece de nuevo con valores mínimos el ejercicio nado estilo completo sin respiración (0.311s brazo izquierdo y 0.318s brazo derecho). Al cruzar estos datos con los obtenidos en los ejercicios a nado completo con respiración, se han encontrado diferencias significativas (ver tabla 3.1.4.) al nivel de  $p < 0.01$ , excepto cuando se cruza la variable NRnodom.Izd y, diferencias al nivel de  $p < 0.001$ , si se cruzan con los ejercicios ejecutados con un solo brazo. Se observa que el lado de respiración afecta a la duración de esta fase, únicamente en el ejercicio con respiración al lado no dominante, apareciendo diferencias ( $p < 0,01$ ) entre las ejecuciones de brazo derecho e izquierdo.

Las medias obtenidas en la duración del movimiento ascendente que muestran los ejercicios realizados con un solo brazo, son superiores a las aparecidas en el nado completo, aunque en el caso del ejercicio Bext.Rejec. el brazo izquierdo no presenta diferencias significativas y el derecho sólo ligeras diferencias ( $p < 0,05$ ). Destacar los valores máximos del ejercicio realizado con un solo brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor (Bflex.Rnoejec), que con medias superiores a 0.400s muestran diferencias al nivel de  $p < 0.001$  cuando se cruza con el resto de las ejecuciones, y la significación al nivel de  $p < 0.01$  para el ejercicio ejecutado con el brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor (Bflex.Rejec.) al cruzarlo con los datos de los demás ejercicios realizados a nado completo.

El tiempo total de tracción se define como el tiempo empleado por la mano en realizar el movimiento acuático de la brazada, que comprende desde la entrada de la mano en el agua, momento en que se inicia la tracción, hasta que sale de ella, momento en que finaliza la tracción. Constituye por tanto la suma de los tres tiempos descritos anteriormente ( $T_t = T_1 + T_2 + T_3$ ).

**Tabla 3.1.4. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento ascendente, en el estudio 1.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Asimismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom. Dch</i>	<i>NRdom. Izd</i>	<i>NRnodom. Dch</i>	<i>NRnodom. Izd</i>	<i>NSR Dch</i>	<i>NSR Izd</i>	<i>Bext.Rejec. Dch</i>	<i>Bext.Rejec. Izd</i>	<i>Bflex.Rnojec. Dch</i>	<i>Bflex.Rnojec. Izd</i>	<i>Bflex.Rejec. Dch</i>	<i>Bflex.Rejec. Izd</i>
NRdomDch	-	-	-	-	**	**	*	-	***	***	**	*
NRdomIzd		-	-	-	***	***	*	-	***	***	**	**
NRnodomDch			-	**	**	***	-	-	***	***	**	-
NRnodomIzd				-	-	*	*	*	***	***	***	**
NSRDch					-	-	***	***	***	***	***	***
NSRIzd						-	***	***	***	***	***	***
Bext.Rejec.Dch							-	-	***	***	*	-
Bext.Rejec.Izd						■ ■ ■ ■ ■		-	***	***	*	*
Bflex.Rnojec.Dch								-		**	***	**
Bflex.Rnojec.Izd										-	***	***
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001



En la tabla 3.1.1 se presentan los promedios referidos al tiempo total empleado por la mano en realizar la acción propulsiva completa (tracción). Cuando se analizan los datos procedentes de los ejercicios de nado crol a estilo completo, en ella se puede observar cómo el tiempo de tracción ( $T_t$ ) alcanza los valores más bajos en los ejercicios sin respiración, tanto cuando se refieren al brazo derecho como al izquierdo, con una duración de 0.929s y 0.896s respectivamente, quedando el resto de los ejercicios ejecutados a nado completo con respiración entre 1.009s y 1.064s.

Cabe destacar que la duración del tiempo de tracción es superior en los ejercicios realizados con un solo brazo (tabla 3.1.2.) frente a los ejecutados a nado completo. Observando la tabla 3.1.5. se aprecian claras diferencias al nivel de  $p < 0.001$  en los cruces de datos procedentes del nado completo sin respiración (NSR) con el resto de los ejercicios planteados, tanto a nado completo con respiración como los realizados con un solo brazo. En los ejercicios a nado completo modificando el lado de respiración, se comprueba la existencia de diferencias, a nivel de  $p < 0,01$ , entre las ejecuciones de brazo derecho e izquierdo en NRnodom, diferencias ya existentes en el movimiento ascendente, y diferencias con  $p < 0,05$  entre brazo derecho e izquierdo en el ejercicio NRdom. procedentes del movimiento hacia abajo.

Igualmente encontramos que, a pesar de la superior duración de los ejercicios realizados con un brazo, no aparecen diferencias en el cruce entre el ejercicio con el brazo extendido (Bext.Rejec) y los de nado completo con respiración (dominante y no dominante), mientras que los ejercicios con el brazo junto al cuerpo sí muestran diferencias, a nivel de  $p < 0.001$  para el ejercicio con respiración por el lado no ejecutor y a nivel de  $p < 0.01$  para el ejercicio con respiración por el lado ejecutor en sus cruces con el resto de los ejercicios.

En las tablas 3.1.6 y 3.1.7 se muestran los promedios de las variables temporales, expresadas en términos relativos al tiempo total de la tracción. Observando los tiempos obtenidos en la fase de movimiento hacia abajo ( $T_1$ ), encontramos que los valores obtenidos en el ejercicio nado crol sin respiración (tabla 3.1.6.) se presentan de nuevo como los más reducidos (42.70% y 42.96%), e igualmente, los valores de los ejercicios realizados con un solo brazo (tabla 3.1.7.), en todas sus variantes, presentan medias ligeramente superiores (44.52% y 49.28%) a las obtenidas en las ejecuciones a nado completo (entre 42.70% y 46.05%),

**Tabla 3.1.5. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo total de tracción, en el estudio 1.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom. Dch</i>	<i>NRdom. Izd</i>	<i>NRnodom. Dch</i>	<i>NRnodom. Izd</i>	<i>NSR Dch</i>	<i>NSR Izd</i>	<i>Bext.Rejec. Dch</i>	<i>Bext.Rejec. Izd</i>	<i>Bflex.Rnoejec. Dch</i>	<i>Bflex.Rnoejec. Izd</i>	<i>Bflex.Rejec. Dch</i>	<i>Bflex.Rejec. Izd</i>
NRdomDch	-	*	-	-	***	***	-	-	***	***	**	*
NRdomIzd		-	-	-	**	***	-	*	***	***	***	**
NRnodomDch			-	***	***	***	-	-	***	***	*	*
NRnodomIzd				-	***	***	-	-	***	***	***	**
NSRDch					-	-	***	***	***	***	***	***
NSRIzd						-	***	***	***	***	***	***
Bext.Rejec.Dch							-	-	**	***	*	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	***	-	-
Bflex.Rnoejec.Dch									-	**	-	-
Bflex.Rnoejec.Izd										-	***	*
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

**Tabla 3.1.6. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio 1, en los ejercicios realizados a nado completo, expresadas en porcentajes del tiempo total de la tracción.** Considerando T1 como el tiempo de movimiento hacia abajo; T2 tiempo de movimiento hacia dentro y T3 tiempo de movimiento ascendente. Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	T <sub>1</sub> relativo (%)		T <sub>2</sub> relativo (%)		T <sub>3</sub> relativo (%)	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>NRdom.Dch</b>	46.1	10.5	20.6	7.7	33.3	4.9
<b>NRdom.Izd</b>	44.0	7.8	21.2	5.1	34.8	5.3
<b>NRnodom.Dch</b>	45.7	10.1	20.0	7.7	34.3	5.3
<b>NRnodom.Izd</b>	46.0	8.4	20.8	6.2	33.2	5.8
<b>NSR.Dch</b>	42.7	11.7	22.7	8.7	34.5	4.9
<b>NSR.Izd</b>	43.0	9.5	22.0	8.5	35.0	4.5

**Tabla 3.1.7. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio 1, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo, expresadas en porcentajes del tiempo total de la tracción.** Considerando T1 como el tiempo de movimiento hacia abajo; T2 tiempo de movimiento hacia dentro y T3 tiempo de movimiento ascendente. Donde: Bext.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	T <sub>1</sub> relativo (%)		T <sub>2</sub> relativo (%)		T <sub>3</sub> relativo (%)	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	46.9	9.1	18.7	6.7	34.4	4.5
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	49.3	8.7	17.6	5.2	33.1	5.5
<b>Bflex.Rnojec.Dch</b>	46.9	7.0	16.2	3.3	37.5	4.8
<b>Bflex.Rnojec.Izd</b>	44.5	8.0	16.4	5.1	39.1	7.1
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	47.8	8.0	17.6	6.5	34.6	4.7
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	48.5	7.6	16.6	5.4	34.8	6.2

sin embargo, la existencia de diferencias estadísticas es reducida, apareciendo ligera significación ( $p < 0.05$ ) únicamente entre los registros cuyas medias son inferiores al 45% (NSR.Dch, NSR.Izd, NRdom.Izd y Bflex.Rnoejec.Izd) y aquellos que presentan medias superiores al 48% (Bext.Rejec.Izd y Bflex.Rejec.Izd), no existiendo diferencias entre el resto de los registros (ver tabla 3.1.8).

En lo referente al tiempo de movimiento hacia dentro ( $T_2$ ), cuando se utilizan los datos en términos relativos, encontramos valores con medias algo inferiores en los datos correspondientes a los ejercicios ejecutados con un solo brazo (tabla 3.1.7.), comprendidas entre 16.22% y 18.68%, y más elevadas en los realizados con nado completo (tabla 3.1.6.), comprendidas entre 20.03% y 22.74%. Como ya vimos anteriormente, es la única fase del movimiento de tracción donde los valores de los ejercicios con un solo brazo son más reducidos que los obtenidos en los ejercicios realizados a nado completo.

En la tabla 3.1.9 vemos como, en este caso, encontramos ligeras diferencias ( $p < 0.05$ ) en el cruce de los ejercicios realizados con un solo brazo, manteniendo el otro flexionado junto al cuerpo y con respiración por el lado no ejecutor (Bflex.Rnoejec.), y los realizados a nado completo. También aparecen ligeras diferencias con  $p < 0.05$  en los ejercicios Bflex.Rnoejec.Izd y Bflex.Rejec.Izd, al cruzarse con los ejercicios realizados a nado completo sin respiración (NSR) y los realizados con respiración en las ejecuciones con el brazo izquierdo (NRdom.Izd. y NRnodom.Izd.) y, por último, existen ligeras diferencias entre el ejercicio Bext.Rejec.Izd. y el nado sin respiración.

Cabe destacar en esta fase ( $T_2$ ), que es la única situación donde la duración es ligeramente inferior en los ejercicios realizados con un solo brazo frente a los realizados a nado completo, quizás debido a la prolongación en el tiempo de la fase anterior, de movimiento hacia abajo, que provoca un inicio tardío del movimiento hacia dentro y por lo tanto la necesidad de acortar su duración para finalizarlo en el momento adecuado, esto es, cuando la mano alcanza la línea media del cuerpo con una flexión aproximada del codo de  $90^\circ$ .

**Tabla 3.1.8. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia abajo relativo, en el estudio 1.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom. Dch</i>	<i>NRdom. Izd</i>	<i>NRnodom. Dch</i>	<i>NRnodom. Izd</i>	<i>NSR Dch</i>	<i>NSR Izd</i>	<i>Bext.Rejec. Dch</i>	<i>Bext.Rejec. Izd</i>	<i>Bflex.Rnoejec. Dch</i>	<i>Bflex.Rnoejec. Izd</i>	<i>Bflex.Rejec. Dch</i>	<i>Bflex.Rejec. Izd</i>
NRdom.Dch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRdom.Izd		-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	*
NRnodom.Dch			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRnodom.Izd				-	-	-	-	-	-	-	-	-
NSR.Dch					-	-	-	*	-	-	-	*
NSR.Izd						-	-	*	-	-	-	*
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	*	-	-
Bflex.Rnoejec.Dch									-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Izd										-	-	*
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

**Tabla 3.1.9. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia dentro relativo, en el estudio 1.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom</i> <i>Dch</i>	<i>NRdom</i> <i>Izd</i>	<i>NRnodom</i> <i>Dch</i>	<i>NRnodom</i> <i>Izd</i>	<i>NSR</i> <i>Dch</i>	<i>NSR</i> <i>Izd</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rnoejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rnoejec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Izd</i>
NRdomDch	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-
NRdomIzd		-	-	-	-	-	-	*	**	***	-	*
NRnodomDch			-	-	-	-	-	-	*	-	-	-
NRnodomIzd				-	-	-	-	-	**	*	-	*
NSRDch					-	-	-	*	**	*	*	*
NSRIzd						-	-	*	*	**	-	*
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Dch									-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Izd										-	-	-
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

Con relación a la duración relativa del movimiento ascendente ( $T_3$ ), en la tabla 3.1.6 se observa que los datos procedentes del nado completo con o sin respiración se mantienen con medias muy similares que oscilan entre 33.21% para NRnodom.Izd. y 35.04% para (NSR.Izd), no existiendo diferencias significativas entre ellos.

Cuando nos referimos a los ejercicios realizados con un solo brazo, y observando la tabla 3.1.10, sólo encontramos diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) en los datos del ejercicio realizado con el brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor (Bflex.Rnoejec.) al cruzarlos con el resto de los ejercicios, al presentar valores de tiempo relativo más elevados (37.46% y 39.11%) (Tabla 3.1.7.).

### 3.1.2. Variables goniométricas

Como se ha descrito ampliamente en el apartado dedicado al método, se han obtenido determinados ángulos corporales de extremidades superiores característicos de la técnica de nado a crol. En concreto se obtienen la amplitud angular, expresada en grados, de:

- la **rotación de hombros sobre el eje longitudinal del cuerpo**, considerado como el mayor ángulo formado por la aleta dorsal, proyectada sobre el plano frontal (y-z) y la vertical durante la acción propulsiva del brazo analizado, dicho cálculo se realiza mediante el producto escalar del vector posición de la aleta y el que define el eje Z del sistema de referencia inercial,
- y la **flexión del codo**, en distintos momentos de la tracción, referido concretamente al ángulo formado por los segmentos corporales brazo y antebrazo, proyectado en el plano frontal (Y-Z).

Para la medida de los ángulos de rotación alrededor del eje longitudinal del cuerpo, se ha considerado asignar a los ángulos obtenidos, un valor positivo cuando la referencia dorsal, y por tanto la línea de hombros, se encuentran inclinados hacia el lado del brazo ejecutor y valor negativo cuando la referencia dorsal, y por tanto la línea de hombros, se encuentran inclinados hacia el lado del brazo no ejecutor.

**Tabla 3.1.10. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento ascendente relativo, en el estudio 1.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom</i> <i>Dch</i>	<i>NRdom</i> <i>Izd</i>	<i>NRnodom</i> <i>Dch</i>	<i>NRnodom</i> <i>Izd</i>	<i>NSR</i> <i>Dch</i>	<i>NSR</i> <i>Izd</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rnoejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rnoejec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Izd</i>
NRdomDch	-	-	-	-	-	-	-	-	***	***	-	-
NRdomIzd		-	-	-	-	-	-	-	**	**	-	-
NRnodomDch			-	-	-	-	-	-	**	***	-	-
NRnodomIzd				-	-	-	-	-	***	***	-	-
NSRDch					-	-	-	-	*	**	-	-
NSRIzd						-	-	-	*	**	-	-
Bext.Rejec.Dch							-	-	*	**	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	***	***	-	*
Bflex.Rnoejec.Dch									-	-	**	*
Bflex.Rnoejec.Izd										-	***	***
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001



Bajo estas condiciones se han considerado tres momentos puntuales: instante de máxima rotación de hombros sobre el eje longitudinal del cuerpo ( $\theta_{Hmax}$ ), que suele coincidir con el final del movimiento hacia abajo de la mano y donde los hombros se encuentran inclinados hacia el lado del brazo ejecutor.

En este momento medimos también la flexión del codo ( $\beta_{Hmax}$ ); instante de máxima flexión del codo ( $\beta_{Cmax}$ ), que suele coincidir con el final del movimiento hacia dentro de la mano y donde la rotación de hombros ( $\theta_{Cmax}$ ), está recuperando su posición horizontal; y, en tercer lugar, el instante final de la tracción, coincidente con el final del movimiento ascendente de la mano y donde los hombros se encuentran en su máxima rotación hacia el lado del brazo no ejecutor ( $\theta_{Hfm}$ ), (el valor de este ángulo suele ser negativo); por último, medimos también el rango total de rotación del tronco ( $\theta_{Htotal}$ ), durante toda la acción propulsiva.

Los resultados relativos al ángulo de máxima rotación de hombros en el eje longitudinal del cuerpo, muestran, como se puede ver en la tabla 3.1.11. que en el nado completo sin respiración las medias de desplazamiento angular en la rotación máxima de tronco, entre las ejecuciones con brazo derecho e izquierdo son similares, presentando medias de 60° y 58° en NSR.Dch y NSR.Izd respectivamente, ángulos similares aparecen en los ejercicios realizados a nado completo con respiración, cuyo brazo ejecutor coincide con el lado de respiración, esto es, con el brazo derecho en NRdom. (59°) y con el brazo izquierdo en NRnodom. (57°). Por el contrario, cuando se refiere a la rotación de hombros en las ejecuciones con brazo contrario al lado de respiración, se observa un incremento en las medias, obteniéndose valores de 69° tanto en el nado con respiración al lado dominante en la acción con brazo izquierdo (NRdom.Izd.) como hacia el lado no dominante en la acción del brazo derecho (NRnodom.Dch.). Aparecen, por tanto, diferencias claramente significativas ( $p < 0.001$ ), entre las ejecuciones coincidentes con la acción de respiración y las que se efectúan sin respiración, en la rotación máxima de hombros (tabla 3.1.13.).

En lo relativo a los ejercicios analíticos, realizados con un solo brazo, comprobamos que aquellos en los que se respira por el lado no ejecutor (Bflex.Rnojec.) aparecen grados de rotación máxima de hombros, de 63° y 66° para brazo derecho e

**Tabla 3.1.11. Medias y desviaciones típicas de las variables angulares del tronco, medidas en el estudio 1 y expresadas en grados, en los ejercicios realizados a nado completo.** Considerando  $\theta_{Hmax}$  como el ángulo de máxima rotación de tronco sobre el eje longitudinal del cuerpo;  $\theta_{Cmax}$  ángulo de rotación de tronco en el momento en que aparece la máxima flexión de codo;  $\theta_{Hfin}$  ángulo de rotación de tronco en el momento de la salida de la mano del agua y  $\theta_{total}$  rango total de rotación de tronco a lo largo de toda la tracción. Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	$\theta_{Hmax}$		$\theta_{Cmax}$		$\theta_{Hfin}$		$\theta_{total}$	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>NRdom.Dch</b>	59	12	33	17	-61	9	119	17
<b>NRdom.Izd</b>	69	11	38	24	-51	11	120	18
<b>NRnodom.Dch</b>	69	10	42	22	-51	8	121	17
<b>NRnodom.Izd</b>	57	13	27	24	-62	10	119	17
<b>NSR.Dch</b>	60	10	32	17	-53	9	113	16
<b>NSR.Izd</b>	58	12	31	23	-52	8	110	16

**Tabla 3.1.12. Medias y desviaciones típicas de las variables angulares del tronco, medidas en el estudio 1 y expresadas en grados, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.** Considerando  $\theta_{Hmax}$  como el ángulo de máxima rotación de tronco sobre el eje longitudinal del cuerpo;  $\theta_{Cmax}$  ángulo de rotación de tronco en el momento en que aparece la máxima flexión de codo;  $\theta_{Hfin}$  ángulo de rotación de tronco en el momento de la salida de la mano del agua y  $\theta_{total}$  rango total de rotación de tronco a lo largo de toda la tracción. Donde: Bext.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	$\theta_{Hmax}$		$\theta_{Cmax}$		$\theta_{Hfin}$		$\theta_{total}$	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	10	14	-10	10	-67	9	77	17
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	5	15	-15	13	-69	10	74	18
<b>Bflex.Rnoejec.Dch</b>	63	9	42	14	-51	8	114	14
<b>Bflex.Rnoejec.Izd</b>	66	10	38	27	-52	13	117	20
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	26	18	5	16	-62	7	88	23
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	20	16	1	21	-64	9	84	19

**Tabla 3.1.13. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable máxima rotación de tronco en el eje longitudinal del cuerpo, en el estudio 1.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	NRdom. Dch	NRdom. Izd	NRnodom. Dch	NRnodom. Izd	NSR Dch	NSR Izd	Bext.Rejec. Dch	Bext.Rejec. Izd	Bflex.Rnoejec. Dch	Bflex.Rnoejec. Izd	Bflex.Rejec. Dch	Bflex.Rejec. Izd
NRdom.Dch	-	***	***	-	-	-	***	***	*	*	***	***
NRdom.Izd		-	-	***	*	***	***	***	-	*	***	***
NRnodom.Dch			-	***	***	***	***	***	*	-	***	***
NRnodom.Izd				-	-	-	***	***	*	**	***	***
NSR.Dch					-	-	***	***	-	-	***	***
NSR.Izd						-	***	***	-	**	***	***
Bext.Rejec.Dch							-	-	***	***	***	*
Bext.Rejec.Izd								-	***	***	***	***
Bflex.Rnoejec.Dch									-	-	***	***
Bflex.Rnoejec.Izd										-	***	***
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P<0.05    \*\* P<0.01    \*\*\* P<0.001

izquierdo respectivamente, próximos a los obtenidos en los ejercicios realizados a nado completo (Tabla 3.1.12.) por lo que tras el análisis inferencial (tabla 3.1.13) comprobamos que las diferencias aparecidas son ligeramente significativas ( $p < 0.05$ ) sólo en el cruce de estos ejercicios con los que en el nado completo obtuvieron medias inferiores a  $60^\circ$ , estos son NRdom.Dch. y NRnodom.Izd.

Cuando nos referimos a los datos correspondientes a los ejercicios ejecutados con un solo brazo con respiración por el lado ejecutor (tabla 3.1.12), se aprecia que los valores del ángulo de máxima rotación de hombros presentan medias muy diferentes en cada ejercicio.

Así, se observa que, cuando el brazo no ejecutor se mantiene extendido delante de la cabeza (Bext.Rejec.), aparecen ángulos muy reducidos, con valores en sus medias de  $10^\circ$  y  $5^\circ$  para el brazo derecho e izquierdo, respectivamente, lo cual indica que en este ejercicio la rotación sobre el eje longitudinal, hacia el lado ejecutor, es muy reducida, mientras en el ejercicio que mantiene el brazo no ejecutor junto al cuerpo (Bflex.Rejec.), se observan ángulos de  $26^\circ$  y  $20^\circ$ , para el brazo derecho e izquierdo respectivamente.

Encontramos, por tanto, diferencias claramente significativas a nivel de  $p < 0.001$  en los datos obtenidos en los ejercicios realizados con un solo brazo y respirando por el lado ejecutor, independientemente de que el otro brazo se sitúe extendido delante o flexionado junto al cuerpo, (Bext.Rejec. y Bflex.Rejec.) con respecto al resto de las ejecuciones, tanto las de nado completo (NRdom, NRnodom. Y NSR) como las de un solo brazo con respiración por el lado no ejecutor Bflex.Rnoejec. También este nivel de diferencias se obtienen incluso entre sí mismas, ya que como podemos comprobar en la tabla 3.1.13. se obtuvieron medias muy inferiores al resto, pero a la vez diferentes entre ellas.

Al observar el ángulo de rotación de hombros en el momento de máxima flexión de codo ( $\theta_{Cmax}$ ) y como se puede comprobar, así mismo, en la tabla 3.1.11, en los datos procedentes de los ejercicios de nado crol a estilo completo, el ángulo de rotación ( $\theta_{Cmax}$ ) es muy similar en todos los casos, existiendo sólo  $11^\circ$  de diferencia entre el valor medio más bajo, (NSR.Izd. con una rotación de  $31^\circ$ ) y el valor más elevado, para el ejercicio crol con respiración por el lado no dominante ejecutado con el brazo derecho (NRnodom.Dch. con una rotación de  $42^\circ$ ). Registros muy similares se han obtenido en el ejercicio realizado con un brazo y respiración por el lado no ejecutor (Bflex.Rnoejec.) tanto cuando los datos se obtienen con el brazo derecho como con el

izquierdo, con ángulos de rotación de 42° y 38° respectivamente (tabla 3.1.12.). Lo que, de nuevo, provoca la ausencia de diferencias al cruzar los ejercicios realizados a nado completo entre sí, ni en el cruce de éstos con el ejercicio realizado con un brazo y respirando por el lado no ejecutor.

En lo referente a los ejercicios ejecutados con un solo brazo y respiración por el lado ejecutor se aprecia, en la tabla 3.1.12, cómo los valores del ángulo de rotación de hombros en el momento de máxima flexión del codo, presentan medias diferentes en cada ejercicio, aspecto coincidente con los resultados obtenidos en la rotación máxima de hombros ( $\theta_{Hmax}$ ), observándose gran similitud entre ambas situaciones. Así, se observa que, en las ejecuciones realizadas con el brazo no ejecutor extendido delante de la cabeza, aparecen ángulos negativos, lo cual indica que en este ejercicio los nadadores tienen los hombros inclinados hacia el lado del brazo no ejecutor con valores de  $-10^\circ$  y  $-15^\circ$ , este hecho puede estar relacionado con la escasa rotación máxima de hombros sobre el eje longitudinal ( $\theta_{Hmax}$ ) que este mismo ejercicio mostró anteriormente. A medida que continúa la acción del brazo que tracciona, los hombros comienzan a rotar hacia el lado contrario para recuperar la horizontal y continuar con la rotación hacia el lado no ejecutor. Si bien, lo habitual es ir reduciendo la rotación a medida que nos acercamos a la mitad de la tracción vemos que, en este ejercicio, ya se ha superado esa horizontal, y los hombros se inclinan ligeramente hacia el lado contrario, anticipándose con respecto al resto de los ejercicios, donde esto no ocurre.

Situación parecida se observa con los registros del ejercicio Bflex.Rejec, tanto con brazo derecho como izquierdo, donde no llega a aparecer rotación al lado contrario, pero sí se encuentran los hombros prácticamente en la horizontal, con ángulos de  $5^\circ$  y  $1^\circ$  para Bflex.Rejec.Dch y Bflex.Rejec.Izd, más adelantados que los ejercicios a nado completo. El análisis inferencial en esta situación, mostrado en la tabla 3.1.14. indica que existen diferencias claramente significativas a nivel de  $p < 0.001$  en los ejercicios realizados con un solo brazo y respirando por el lado ejecutor, independientemente de que el otro brazo se sitúe extendido delante o flexionado junto al cuerpo, Bext.Rejec. y Bflex.Rejec. con respecto al resto de los intentos, tanto las de nado completo (NRdom,

**Tabla 3.1.14. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable rotación de tronco en el eje longitudinal del cuerpo en el momento de máxima flexión de codo, en el estudio 1.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom. Dch</i>	<i>NRdom. Izd</i>	<i>NRnodom. Dch</i>	<i>NRnodom. Izd</i>	<i>NSR Dch</i>	<i>NSR Izd</i>	<i>Bext.Rejec. Dch</i>	<i>Bext.Rejec. Izd</i>	<i>Bflex.Rnoejec. Dch</i>	<i>Bflex.Rnoejec. Izd</i>	<i>Bflex.Rejec. Dch</i>	<i>Bflex.Rejec. Izd</i>
NRdom.Dch	-	-	-	-	-	-	***	***	*	-	***	***
NRdom.Izd		-	-	**	-	-	***	***	-	-	***	***
NRnodom.Dch			-	*	**	-	***	***	-	-	***	***
NRnodom.Izd				-	-	-	***	***	*	**	***	***
NSR.Dch					-	-	***	***	*	-	***	***
NSR.Izd						-	***	***	-	-	***	***
Bext.Rejec.Dch							-	-	***	***	***	*
Bext.Rejec.Izd								-	***	***	***	***
Bflex.Rnoejec.Dch									-	-	***	***
Bflex.Rnoejec.Izd										-	***	***
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05      \*\* P< 0.01      \*\*\* P< 0.001

NRnodom. Y NSR) como las de un solo brazo con respiración por el lado no ejecutor (BflexRnoejec). Incluso entre sí mismas, debido a la distancia entre sus medias, muy inferiores al resto, pero a la vez distantes entre ellas. Se puede observar, de nuevo, la similitud entre estos resultados y los obtenidos en la variable máxima rotación de hombros ( $\theta_{Hmax}$ ).

En las tablas 3.1.11. y 3.1.12. podemos observar, así mismo, el análisis descriptivo del promedio de la variable ángulo de rotación de hombros en el momento de la salida de la mano del agua ( $\theta_{Hfin}$ ). Este ángulo se expresa siempre con un valor negativo para indicar que la rotación se realiza al lado contrario del brazo ejecutor.

Observamos como en los ejercicios de nado crol a estilo completo (tabla 3.1.11), el ángulo de rotación ( $\theta_{Hfin}$ ) presenta una inclinación hacia el lado del brazo no ejecutor comprendida entre  $-51^\circ$  y  $-62^\circ$  mostrando una tendencia hacia una mayor rotación aquellas ejecuciones cuyo brazo coincide con el lado de respiración, NRdom.Dch. ( $-61^\circ$ ) y NRnodom.Izdo. ( $-62^\circ$ ) y menor rotación las ejecuciones cuyo brazo es contrario al lado de respiración  $-51^\circ$ , tanto en NRdom.Izd. como en NRnodom.Dch, apareciendo en estos casos diferencias a nivel de  $p < 0.001$  en los cruces entre los ángulos medios de estos ejercicios. El ejercicio nado crol sin respiración con medias de  $-53^\circ$  y  $-52^\circ$  para brazo derecho e izquierdo, respectivamente, presenta diferencias significativas  $p < 0.01$  en relación con las ejecuciones cuyo brazo coincide con el lado de respiración (tabla 3.1.15).

En lo que se refiere a las medias correspondientes a los ejercicios ejecutados con un solo brazo, en la tabla 3.1.12. podemos observar que los valores medios del ángulo de rotación de hombros son más reducidos para el ejercicio Bflex.Rnoejec, donde se ejecuta la acción manteniendo el brazo contrario junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor, con valores de  $-51^\circ$  para el brazo derecho y  $-52^\circ$  para el brazo izquierdo, muy similares a los obtenidos en el nado completo con el brazo contrario al lado de respiración, mientras que los ejercicios realizados con un solo brazo con respiración por el lado ejecutor muestran ángulos de rotación mayores, superando los  $60^\circ$ . El ejercicio Bext.Rejec, donde el brazo no ejecutor se encuentra extendido delante de la cabeza es el que alcanza la mayor rotación de hombros al lado no ejecutor, con valores de  $-67^\circ$  para el brazo derecho y de  $-69^\circ$  para el brazo izquierdo.

**Tabla 3.1.15. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable rotación de tronco sobre el eje longitudinal del cuerpo en el momento final de la tracción, en el estudio 1.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom</i> <i>Dch</i>	<i>NRdom</i> <i>Izd</i>	<i>NRnodom</i> <i>Dch</i>	<i>NRnodom</i> <i>Izd</i>	<i>NSR</i> <i>Dch</i>	<i>NSR</i> <i>Izd</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rnojec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rnojec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Izd</i>
NRdomDch	-	**	***	-	***	**	*	*	**	*	-	-
NRdomIzd		-	-	***	-	-	***	***	-	-	***	***
NRnodomDch			-	***	-	-	***	***	-	-	***	***
NRnodomIzd				-	**	***	-	*	**	**	-	-
NSR.Dch					-	-	***	***	-	-	**	**
NSR.Izd						-	***	***	-	-	***	***
Bext.Rejec.Dch							-	-	***	***	*	-
Bext.Rejec.Izd								-	***	***	**	**
Bflex.Rnojec.Dch									-	-	***	***
Bflex.Rnojec.Izd										-	***	***
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001



Tras el estudio inferencial mostrado en la tabla 3.1.15, observamos que al tratar la variable Ángulo de rotación de hombros sobre el eje longitudinal del cuerpo en el momento de la salida de la mano del agua, se encuentran claras diferencias significativas en dos situaciones, al igual que ocurría en los apartados anteriores donde tratamos la rotación de los hombros, las más claras aparecen a nivel de  $p < 0.001$  cuando se cruzan los datos correspondientes al ejercicio ejecutado con un brazo manteniendo el otro delante de la cabeza, Bext.Rejec, con los ejercicios ejecutados a nado completo con brazo contrario al lado respiración (NRdom.Izd. y NRnodom.Dch.) y con crol sin respiración (NSR), así como al cruzarse con el ejercicio realizado con un brazo y respirando por el lado no ejecutor Bflex.Rnoejec.

Así mismo, el ejercicio Bflex.Rejec. que se ejecuta manteniendo el brazo no ejecutor flexionado junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor, muestra claras diferencias significativas, a nivel de  $p < 0.001$ , con el ejercicio realizado con un solo brazo con respiración por el lado no ejecutor Bflex.Rnoejec, donde la única modificación técnica se encuentra en la respiración, que en este último caso se realiza por el lado no ejecutor, e igualmente ocurre al cruzar estos datos con los ejercicios nado completo en las ejecuciones con brazo contrario al lado de respiración. Si comparamos Bflex.Rejec. con el nado crol sin respiración (NSR.) encontramos diferencias a nivel de  $p < 0.01$  en el cruce con el brazo derecho y claras diferencias a nivel  $p < 0.001$  en el cruce con el brazo izquierdo .

Por último comentaremos los promedios referidos a la variable rango de rotación total de hombros durante la tracción de la mano ( $\theta_{Htotal}$ ). Obtenido mediante la sumatoria de los valores absolutos de los ángulos ( $\theta_{Hmax}$ ) y ( $\theta_{Hfin}$ ) (máxima rotación de hombros y ángulo de rotación de hombros en la salida de la mano del agua respectivamente).

En la tabla 3.1.11. se presentan los datos descriptivos de tendencia central de esta variable, en ella se observa que el rango total de rotación en los ejercicios realizados a nado completo supera siempre los  $100^\circ$ , en concreto, oscila entre los valores mínimos registrados en el nado sin respiración, con  $113^\circ$  y  $110^\circ$  y los máximos registrados en el nado con respiración, entre  $119^\circ$  y  $121^\circ$ , apareciendo diferencias entre NSR y los ejercicios con respiración, a nivel  $p < 0.05$  para el brazo derecho y a nivel  $p < 0.01$  para las ejecuciones con el brazo izquierdo (tabla 3.1.16.).

**Tabla 3.1.16. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable rango de rotación de tronco sobre el eje longitudinal del cuerpo, en el estudio I.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom.</i> <i>Dch</i>	<i>NRdom.</i> <i>Izd</i>	<i>NRnodom.</i> <i>Dch</i>	<i>NRnodom.</i> <i>Izd</i>	<i>NSR</i> <i>Dch</i>	<i>NSR</i> <i>Izd</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rnoejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rnoejec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Izd</i>
NRdom.Dch	-	-	-	-	-	**	***	***	-	-	***	***
NRdom.Izd		-	-	-	-	**	***	***	-	-	***	***
NRnodom.Dch			-	-	*	*	***	***	-	-	***	***
NRnodom.Izd				-	*	**	***	***	-	-	***	***
NSR.Dch					-	-	***	***	-	-	***	***
NSR.Izd						-	***	***	-	-	***	***
Bext.Rejec.Dch							-	-	***	***	*	-
Bext.Rejec.Izd								-	***	***	**	*
Bflex.Rnoejec.Dch								-	-	-	***	***
Bflex.Rnoejec.Izd									-	-	***	***
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

En los ejercicios realizados con un solo brazo, cuyos valores descriptivos aparecen en la tabla 3.1.12, se observa que el ejercicio Bflex.Rnojec, el único que se realiza respirando por el lado no ejecutor, presenta un rango de rotación total de hombros de 114°(brazo derecho) y 117° (brazo izquierdo), no mostrando diferencias en relación a los ejercicios de nado completo, y siendo estos registros claramente superiores a los otros ejercicios realizados con un brazo y con respiración por el lado ejecutor los cuales no superan los 88°.

Los resultados del análisis inferencial del rango de rotación total de hombros indican, según se muestra en la tabla 3.1.16, claras diferencias, a nivel de  $p < 0.001$ , cuando se cruzan los datos correspondientes a los ejercicios realizados con un solo brazo y respirando por el lado ejecutor, Bext.Rejec y Bflex.Rejec. y el resto de los ejercicios, tanto los de nado completo como el ejercicio con un solo brazo con respiración por el lado no ejecutor.

Sin duda, los resultados obtenidos en el rango total de rotación de hombros, son el reflejo de lo analizado anteriormente, en las rotaciones instantáneas de hombros durante la ejecución de la tracción, rotación en el momento de máxima flexión de codo, y rotación en el momento final de la tracción, en las que se muestran como destacadas las claras diferencias de los ejercicios realizados con un solo brazo y respiración por el lado ejecutor en relación con el resto de las ejecuciones, al igual que ocurre, por tanto, en el rango total de rotación.

Con respecto al ángulo de flexión del codo en el momento de máxima rotación de hombros en el eje longitudinal del cuerpo ( $\beta_{Hmax}$ ), y observando las tablas 3.1.17. y 3.1.18, se puede comprobar que los valores de flexión del codo son muy similares en todos los ejercicios analizados, con un rango que no supera los 17°, oscilando los valores entre 157° y 174°, no apareciendo diferencias estadísticas entre sus medias.

Situación que se repite con respecto al ángulo de máxima flexión del codo ( $\beta_{Cmax}$ ), cuyos valores son aún más próximos, existiendo entre ellos una diferencia máxima de 9°.

**Tabla 3.1.17. Medias y desviaciones típicas de las variables angulares del codo medidas en el estudio 1 y expresadas en grados, en los ejercicios realizados a nado completo.** Considerando  $\beta_{Hmax}$  como el ángulo de flexión de codo en el momento de máxima rotación de tronco; y  $\beta_{Cmax}$  máxima flexión de codo alcanzada a lo largo de la tracción. Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	$\beta_{Hmax}$		$\beta_{Cmax}$	
	media	d.t.	media	d.t.
<b>NRdom.Dch</b>	165	26	108	16
<b>NRdom.Izd</b>	157	35	103	12
<b>NRnodom.Dch</b>	166	23	101	15
<b>NRnodom.Izd</b>	158	29	105	16
<b>NSR.Dch</b>	157	33	102	14
<b>NSR.Izd</b>	160	30	104	13

**Tabla 3.1.18. Medias y desviaciones típicas de las variables angulares del codo medidas en el estudio 1 y expresadas en grados, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.** Considerando  $\beta_{Hmax}$  como el ángulo de flexión de codo en el momento de máxima rotación de tronco; y  $\beta_{Cmax}$  máxima flexión de codo alcanzada a lo largo de la tracción. Donde: Bext.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	$\beta_{Hmax}$		$\beta_{Cmax}$	
	media	d.t.	media	d.t.
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	168	24	101	10
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	162	32	106	14
<b>Bflex.Rnoejec.Dch</b>	159	32	99	17
<b>Bflex.Rnoejec.Izd</b>	160	30	103	19
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	174	11	100	11
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	157	30	104	14

Comprobamos, con el análisis inferencial, que la máxima flexión del codo no presenta diferencias entre sus medias al comparar los ejercicios realizados a nado completo y los realizados con un solo brazo, existiendo en todos los casos una flexión máxima de codo próxima a 100°. Vemos, por tanto, que en el presente estudio la variable flexión del codo no ha proporcionado datos relevantes que se presten a discusión.

### **3.2.- Resultados del segundo estudio.**

En este apartado se presentan y analizan los resultados del estudio tridimensional en diferentes condiciones de ejecución del estilo crol. Se han obtenido registros temporales, que corresponden al tiempo total empleado por la mano en realizar el movimiento de tracción, o fase acuática de la brazada, así como los tiempos empleados en cada una de las cuatro fases en que se ha dividido el movimiento completo de tracción. Se ha obtenido, en este caso, un único registro angular que indica el ángulo de máxima flexión del codo. Así mismo en esta segunda investigación se incluyen los resultados obtenidos en los registros espaciales y los relacionados con la velocidad definidos en las variables. Todo ello ante ejecuciones técnicas variadas, que incluyen ejercicios a nado completo y ejercicios ejecutados con un solo brazo asociados a modificaciones posturales y relacionadas con el lado de respiración. Siempre haciendo referencia al estilo crol.

#### **3.2.1.- Variables temporales.**

En este segundo estudio, el movimiento acuático de la mano (tracción) ha sido dividido en cuatro fases, a diferencia que el estudio anterior, debido a que el estudio tridimensional nos ha permitido distinguir una fase más al observar el plano lateral de las ejecuciones, no registrado en el estudio bidimensional. De este modo hemos distinguido el tiempo total empleado en realizar ( $T_1$ ) y los tiempos empleados en cada una de las cuatro fases en que hemos dividido la tracción: tiempo de movimiento de entrada y extensión ( $t_1$ ); tiempo de movimiento hacia abajo ( $t_2$ ); tiempo de movimiento hacia dentro ( $t_3$ ) y tiempo de movimiento ascendente ( $t_4$ ).

El análisis de las variables temporales se ha realizado tanto en valores absolutos, expresándose la duración en segundos ( $s$ ), como en valores relativos expresándose la duración de cada movimiento como porcentaje del tiempo total de la tracción o fase acuática completa (%).

En lo relativo a  $T_1$  o tiempo de movimiento de entrada y extensión, observamos en la tabla 3.2.1. que el ejercicio nado crol sin respirar (NSR) es el que emplea el tiempo más reducido en esta acción de entrada y extensión, alcanzando el punto más adelantado de la mano en un tiempo entre 0.31s el brazo izquierdo y 0.35s el brazo derecho, el resto de los ejercicios de nado completo emplean un tiempo comprendido entre 0.40s y 0.45s no pudiendo destacar diferencias aparentes entre los ejercicios realizados a crol con respiración y los ejercicios realizados con un solo brazo que tienden a estar entre 0.38s y 0.45s, como se puede observar en la tabla 3.2.2.

Tras el análisis inferencial, que se muestra en la tabla 3.2.3, se puede comprobar que existen diferencias significativas con valor  $p < 0.01$  para la ejecución crol sin respirar con brazo izquierdo (NSR Izd.) al cruzar sus medias con las de los ejercicios realizados a crol con respiración y con un solo brazo manteniendo el otro flexionado junto al cuerpo y respiración al lado no ejecutor y diferencias con  $p < 0.05$  cuando se cruzan con las ejecuciones de un brazo con el otro junto al cuerpo y respiración al lado ejecutor. Así mismo, se observa que existen ciertas diferencias ( $p < 0.05$ ) al cruzar los datos del nado crol sin respirar en su acción con brazo derecho con los ejercicios a nado completo en las ejecuciones con brazo derecho y con los ejercicios realizados con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y respirando por el lado contrario.

En la fase de movimiento hacia abajo ( $t_2$ ) y como se puede comprobar en la tabla 3.2.1. aparecen valores más reducidos en los ejercicios realizados a crol completo (entre 0.13s y 0.17s) frente a los realizados con un solo brazo, en tabla 3.2.2. (entre 0.18s y 0.25s) mostrando estos datos diferencias significativas, predominantemente con un valor de  $p < 0.01$ , (tabla 3.2.4.) en los cruces de los primeros (realizados a nado completo sin o con respiración) con los ejecutados con un brazo, exceptuando los ejercicios Bext.Rejec.Izd y Bflex.Rnoejec.Dch que a pesar de ser analíticos no muestran diferencias al cruzar sus medias con las del nado completo. Destacar, igualmente, en el caso del ejercicio NSR.Izd cuya duración es ligeramente superior al resto de ejecuciones similares, las diferencias aparecidas, en relación a los ejercicios analíticos, son de menor significación ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 3.2.1. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales, expresadas en segundos, en los ejercicios realizados a nado completo, medidas en el estudio 2.** Considerando T1 como el tiempo de movimiento hacia delante, T2 tiempo de movimiento hacia abajo, T3 tiempo de movimiento hacia dentro, T4 tiempo de movimiento ascendente y Tt duración completa de la tracción. Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. Son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	T <sub>1</sub> absoluto (s)		T <sub>2</sub> absoluto (s)		T <sub>3</sub> absoluto (s)		T <sub>4</sub> absoluto (s)		T <sub>total</sub> (s)	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>NRdom.Dch</b>	0.45	0.12	0.15	0.07	0.14	0.08	0.19	0.05	0.93	0.15
<b>NRdom.Izd</b>	0.40	0.08	0.15	0.05	0.12	0.02	0.24	0.07	0.91	0.14
<b>NRnodom.Dch</b>	0.43	0.10	0.13	0.05	0.12	0.01	0.30	0.15	0.98	0.18
<b>NRnodom.Izd</b>	0.41	0.12	0.15	0.03	0.14	0.05	0.20	0.08	0.91	0.16
<b>NSR.Dch</b>	0.35	0.09	0.13	0.06	0.13	0.04	0.19	0.03	0.80	0.08
<b>NSR.Izd</b>	0.31	0.06	0.17	0.04	0.11	0.04	0.19	0.06	0.78	0.09

**Tabla 3.2.2. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio 2, expresadas en segundos, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.** Considerando T<sub>1</sub> como el tiempo de movimiento hacia delante, T<sub>2</sub> tiempo de movimiento hacia abajo, T<sub>3</sub> tiempo de movimiento hacia dentro, T<sub>4</sub> tiempo de movimiento ascendente y T<sub>t</sub> duración completa de la tracción. Donde: Bext.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	T <sub>1</sub> absoluto (s)		T <sub>2</sub> absoluto (s)		T <sub>3</sub> absoluto (s)		T <sub>4</sub> absoluto (s)		T <sub>total</sub> (s)	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	0.38	0.12	0.23	0.03	0.13	0.04	0.22	0.08	0.96	0.14
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	0.41	0.12	0.20	0.05	0.13	0.03	0.23	0.05	0.97	0.14
<b>Bflex.Rnoejec.Dch</b>	0.45	0.11	0.18	0.10	0.18	0.03	0.28	0.08	1.10	0.11
<b>Bflex.Rnoejec.Izd</b>	0.43	0.06	0.22	0.04	0.16	0.05	0.29	0.10	1.10	0.15
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	0.40	0.12	0.24	0.04	0.15	0.03	0.23	0.04	1.03	0.14
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	0.39	0.11	0.25	0.06	0.17	0.05	0.22	0.12	1.04	0.15



**Tabla 3.2.3. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia delante, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	NRdom. Dch	NRdom. Izd	NRnodom. Dch	NRnodom. Izd	NSR Dch	NSR Izd	Bext.Rejec. Dch	Bext.Rejec. Izd	Bflex.Rnoejec. Dch	Bflex.Rnoejec. Izd	Bflex.Rejec. Dch	Bflex.Rejec. Izd
NRdomDch	-	-	-	-	*	**	-	-	-	-	-	-
NRdomIzd	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	-
NRnodomDch	-	-	-	-	*	***	-	-	-	-	-	-
NRnodomIzd	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	-
NSRDch	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-
NSRIzd	-	-	-	-	-	-	-	-	**	***	*	*
Bext.Rejec.Dch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Izd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Dch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Izd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bflex.Rejec.Dch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bflex.Rejec.Izd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

**Tabla 3.2.4. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia abajo, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom</i> <i>Dch</i>	<i>NRdom</i> <i>Izd</i>	<i>NRnodom</i> <i>Dch</i>	<i>NRnodom</i> <i>Izd</i>	<i>NSR</i> <i>Dch</i>	<i>NSR</i> <i>Izd</i>	<i>Bext.Rejec</i> <i>Dch</i>	<i>Bext.Rejec</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rnojec</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rnojec</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rejec</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rejec</i> <i>Izd</i>
NRdomDch	-	-	-	-	-	-	**	-	-	*	**	**
NRdomIzd		-	-	-	-	-	***	-	-	**	**	**
NRnodomDch			-	-	-	-	***	-	-	**	***	***
NRnodomIzd				-	-	-	***	-	-	**	**	**
NSRDch					-	-	**	-	-	*	***	***
NSRIzd						-	**	-	-	*	*	*
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	-	-	-
Bflex.Rnojec.Dch									-	-	-	-
Bflex.Rnojec.Izd										-	-	-
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

La siguiente fase en que dividimos el movimiento de tracción es la acción de movimiento hacia dentro  $T_3$  en la que observando las tablas de descriptiva anteriores, se puede comentar que las acciones realizadas a nado completo emplean entre 0.11s y 0.14s en este movimiento, destacando que los valores más altos (0.14s) aparecen en las ejecuciones de los brazos del lado de respiración (NRdom.Dch y NRnodom.Izd) aunque no son diferencias significativas entre las medias de los ejercicios realizados a nado completo, quizás sea debido a que la necesidad de rotar más para poder realizar la respiración hace que se prolongue ligeramente esta fase para contribuir al giro sobre el eje longitudinal.

Los datos obtenidos en esta fase de movimiento en los ejercicios realizados con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo, muestran un ligero incremento del tiempo de ejecución con duraciones que superan en todos los casos los 0.13s. Tras el análisis inferencial (tabla 3.2.5.), se confirman ciertas diferencias ( $p < 0.05$ ) en los cruces entre las variables con tiempos más distantes, esto es, entre los ejercicios de crol con respiración en las ejecuciones con el brazo contralateral al lado de respiración (NRdom.Izd y NRnodom.Dch con medias inferiores (ambos con 0.12s), y los ejercicios con un brazo y el otro junto al cuerpo, con medias superiores (entre 0.15s y 0.18s).

Igualmente, el ejercicio Bflex.Rnojec.Dch. muestra también ciertas diferencias ( $p < 0.05$ ) al cruzarse con los datos del nado crol sin respiración y con los ejercicios de un brazo con el otro brazo extendido delante de la cabeza. Destacar que el ejercicio realizado con un brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza, a pesar de su ejecución analítica, no muestra diferencias significativas al cruzarlo con las medias de los ejercicios realizados a nado completo, ya que sus valores son similares, y sí presenta ciertas diferencias ( $p < 0.05$ ) con algunos de los ejecutados con un brazo y el otro junto al cuerpo.

La duración del movimiento ascendente ( $T_4$ ), último movimiento que se describe en la trayectoria de la tracción en el estilo crol y cuyos datos descriptivos se muestran también en las tablas 3.2.1. y 3.2.2. aparece de nuevo con valores mínimos en el ejercicio nado estilo completo sin respiración con 0.19s.

**Tabla 3.2.5. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia dentro, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	NRdom Dch	NRdom Izd	NRnodom Dch	NRnodom Izd	NSR Dch	NSR Izd	Bext.Rejec. Dch	Bext.Rejec. Izd	Bflex.Rnoejec. Dch	Bflex.Rnoejec. Izd	Bflex.Rejec. Dch	Bflex.Rejec. Izd
NRdomDch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRdomIzd		-	-	-	-	-	-	-	***	*	*	*
NRnodomDch			-	-	-	-	-	-	**	*	*	*
NRnodomIzd				-	-	-	-	-	-	-	-	-
NSRDch					-	-	-	-	*	-	-	-
NSRIzd						-	-	-	***	*	-	*
Bext.Rejec.Dch							-	-	*	-	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	*	*	*	-
Bflex.Rnoejec.Dch									-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Izd										-	-	-
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

Medias similares muestran los ejercicios crol con respiración en la ejecución del brazo homolateral a la respiración<sup>2</sup> (NRdom.Dch. y NRnodom.Izd.) con 0.19s y 0.20s. respectivamente. Los ejercicios ejecutados con el brazo contralateral<sup>3</sup> a la respiración muestran una duración mayor del movimiento ascendente (0.24s y 0.30s respectivamente).

Los registros de los ejercicios analíticos, realizados con un solo brazo son similares a estos últimos, quedando comprendidos entre 0.22s y 0.29s. Esto se traduce, tras el análisis estadístico de comparación de medias, expuesto en la tabla 3.2.6, en la existencia de ligeras diferencias significativas a nivel de  $p < 0.05$  cuando se cruzan los datos de los ejercicios nado crol sin respirar con las medias de los ejercicios de crol realizados con el brazo contrario al lado de respiración (NRdom.Izd y NRnodom.Dch) y diferencias al mismo nivel de significación en los cruces de los ejercicios a nado completo, crol sin respiración y crol con respiración al lado del brazo ejecutor, con los obtenidos en los ejercicios con un solo brazo, manteniendo el contrario junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor.

El tiempo total de tracción constituye la suma de los cuatro tiempos descritos anteriormente ( $T_t = T_1 + T_2 + T_3 + T_4$ ). Debemos aclarar aquí que, como ya se explicó anteriormente, el tiempo total de tracción en el presente estudio no constituye el tiempo desde que entra la mano en el agua hasta que sale la misma mano del agua, sino hasta que lo hace el codo, con lo cual esta acción es más corta en su recorrido. Esto es debido a que la grabación y posterior digitalización de los sujetos se realizó únicamente con cámaras subacuáticas, con lo que en el momento que los segmentos salen a la superficie del agua están fuera del plano de visión y no pueden ser digitalizados.

En la tabla 3.2.1, se puede observar que el tiempo de tracción ( $T_t$ ) de los ejercicios de nado crol a estilo completo, alcanza los valores más bajos en los ejercicios sin respiración, tanto cuando se refieren al brazo derecho como al izquierdo, con una duración de 0.80s y 0.78s respectivamente, quedando el resto de los ejercicios ejecutados a nado completo con respiración entre 0.91s y 0.98s.

---

2 Brazo del mismo lado del lado de respiración

3 Brazo del lado contrario al lado de respiración

**Tabla 3.2.6. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento ascendente, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	NRdom. Dch	NRdom. Izd	NRnodom. Dch	NRnodom. Izd	NSR Dch	NSR Izd	Bext.Rejec. Dch	Bext.Rejec. Izd	Bflex.Rnojec. Dch	Bflex.Rnojec. Izd	Bflex.Rejec. Dch	Bflex.Rejec. Izd
NRdomDch	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-
NRdomIzd		-	-	-	*	**	-	-	-	-	-	-
NRnodomDch			-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
NRnodomIzd				-	-	-	-	-	*	*	-	-
NSRDch					-	-	-	-	**	*	**	-
NSRIzd						-	-	-	**	*	*	-
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	*	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	-	-	-
Bflex.Rnojec.Dch									-	-	-	-
Bflex.Rnojec.Izd										-	-	-
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

Cabe destacar que la duración del tiempo de tracción, en el ejercicio realizado con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante (Bext.Rejec.), presenta una mayor similitud de los datos con relación al tiempo total, presentando medias de 0.96s y 0.97s para brazo derecho e izquierdo respectivamente (tabla 3.2.2.), mientras los ejercicios realizados con el brazo no ejecutor junto al cuerpo superan 1.0s, siendo algo más reducidos los valores cuando la respiración se realiza por el lado ejecutor (Bflex.Rejec.) con 1.03s y 1.04s (Dcha e Izda. Respectivamente) y mostrando los máximos valores en la duración de la tracción las ejecuciones con brazo junto al cuerpo y respiración por el lado no ejecutor (Bflex.Rnoejec.) con 1.10s.

La tabla 3.2.7. muestra los resultados del análisis inferencial donde se confirman las diferencias entre el nado completo sin respiración (NSR) y el resto de las variaciones técnicas, diferencias predominantes al nivel de  $p < 0.01$  al cruzar estos datos con los procedentes del nado crol con respiración y del nado analítico con el brazo no ejecutor extendido, y a nivel de  $p < 0.001$  si se cruzan con los ejercicios realizados con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo, tanto con respiración por el lado no ejecutor (Bflex.Rnoejec.) como por el mismo lado (Bflex.Rejec.).

Se observa, así mismo, que no aparecen diferencias en el cruce entre el ejercicio con el brazo extendido (Bext.Rejec) y los de nado completo con respiración (dominante y no dominante), mientras que los ejercicios con el brazo junto al cuerpo sí muestran diferencias con los realizados a nado completo con respiración, a excepción de NRnodom.Dch, que presentaba el valor más alto, siendo estas diferencias de mayor significación (a nivel de  $p < 0.001$ ) cuando se cruzan los datos de nado con un brazo y respiración por el lado no ejecutor, y menor (a nivel de  $p < 0.05$ ) cuando se cruzan los datos del ejercicio realizado con respiración por el lado ejecutor.

Por último citar las diferencias encontradas al cruzar los datos de los ejercicios analíticos entre sí, donde sólo encontramos diferencias entre los ejercicios realizados con brazo no ejecutor extendido y los realizados con el brazo flexionado y respiración por el lado no ejecutor a nivel de  $p < 0.01$ .

**Tabla 3.2.7. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo total de tracción, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	NRdom Dch	NRdom Izd	NRnodom Dch	NRnodom Izd	NSR Dch	NSR Izd	Bext.Rejec. Dch	Bext.Rejec. Izd	Bflex.Rnojec. Dch	Bflex.Rnojec. Izd	Bflex.Rejec. Dch	Bflex.Rejec. Izd
NRdomDch	-	-	-	-	**	**	-	-	***	***	*	-
NRdomIzd		-	-	-	*	**	-	-	***	***	**	*
NRnodomDch			-	-	**	**	-	-	*	-	-	-
NRnodomIzd				-	*	**	-	-	**	***	*	**
NSRDch					-	-	**	**	***	***	***	***
NSRIzd						-	***	**	***	***	***	***
Bext.Rejec.Dch							-	-	**	***	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	**	*	-	-
Bflex.Rnojec.Dch									-	-	-	-
Bflex.Rnojec.Izd										-	-	*
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001



Realizamos a continuación el análisis de los resultados obtenidos por las variables temporales, expresadas en términos relativos al tiempo total de la tracción.

Observando la fase de entrada y extensión ( $T_1$ ), cuyos datos descriptivos se muestran en las tablas 3.2.8 y 3.2.9, encontramos que los valores obtenidos en todos los ejercicios están comprendidos en un rango entre 37,4% y 48,4%, situándose el extremo inferior en el ejercicio ejecutado con brazo izquierdo, manteniendo el derecho junto al cuerpo y con respiración al lado ejecutor (Bflex.Rejec,Izd), y el extremo superior en el ejercicio a nado completo con respiración dominante y ejecución derecha (NRdom.Dch.). A pesar de la similitud entre las medias, sí se observa una ligera tendencia en los ejercicios realizados de forma analítica hacia medias algo más reducidas (tabla 3.2.9.), manteniéndose entre un 37,4 % y el 42% siendo las medias de los ejercicios a crol completo un poco mayores (tabla 3.2.8.), concretamente entre 39,4% (NSR.Izd) y 48.4% (NRdom.Dch).

Los resultados del análisis de significación (tabla 3.2.10.), muestran ciertas diferencias ( $p<0.05$ ) en los cruces de los datos referidos a la variable NRdom.Dcha. con los ejercicios realizados con un brazo manteniendo el otro junto al cuerpo y con el ejercicio de crol sin respiración. Igual significación aparece en el ejercicio con brazo izquierdo y el otro junto al cuerpo con respiración por el lado ejecutor (Bflex.Rejec.Izd) cuando se cruza con los ejercicios a nado completo, excepto con NRdom.Izd. y NSR.Izd.

En lo referente al tiempo de movimiento hacia abajo ( $T_2$ ), cuando se utilizan los datos en términos relativos, encontramos valores con medias algo superiores, en los datos correspondientes a los ejercicios ejecutados con un solo brazo (tabla 3.2.9.), comprendidas entre 20,1% y 25,2%, con la excepción del ejercicio Bflex.Rnoejec.Dch cuya media es inferior (16,7%); y más reducidas en los realizados con nado completo (tabla 3.2.8), comprendidas entre 13,1% y 17,2%, de nuevo con una excepción en el ejercicio NSR.Izd. que aumenta su valor medio de tiempo de movimiento hacia abajo hasta 22,2%.

**Tabla 3.2.8. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio 2, en los ejercicios realizados a nado completo, expresadas en porcentajes del tiempo total de la tracción.** Considerando T<sub>1</sub> como el tiempo de movimiento hacia delante, T<sub>2</sub> tiempo de movimiento hacia abajo, T<sub>3</sub> tiempo de movimiento hacia dentro, T<sub>4</sub> tiempo de movimiento ascendente y T<sub>t</sub> duración completa de la tracción. Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	T <sub>1</sub> (%)		T <sub>2</sub> (%)		T <sub>3</sub> (%)		T <sub>4</sub> (%)	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>NRdom.Dch</b>	48.4	9.9	15.8	6.1	14.5	7.6	21.3	7.5
<b>NRdom.Izd</b>	43.3	3.7	17.2	5.0	13.1	3.0	26.4	5.5
<b>NRnodom.Dch</b>	44.6	8.9	13.1	5.5	12.8	2.1	29.5	9.1
<b>NRnodom.Izd</b>	44.4	7.4	17.2	5.3	16.3	6.9	22.0	6.3
<b>NSR.Dch</b>	43.9	9.8	16.2	7.1	15.9	4.8	24.0	4.2
<b>NSR.Izd</b>	39.4	4.9	22.2	7.0	14.4	5.7	23.9	5.8

**Tabla 3.2.9. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales medidas en el estudio 2, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo, expresadas en porcentajes del tiempo total de la tracción.** Considerando T<sub>1</sub> como el tiempo de movimiento hacia delante, T<sub>2</sub> tiempo de movimiento hacia abajo, T<sub>3</sub> tiempo de movimiento hacia dentro, T<sub>4</sub> tiempo de movimiento ascendente y T<sub>t</sub> duración completa de la tracción. Donde: Bext.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	T <sub>1</sub> (%)		T <sub>2</sub> (%)		T <sub>3</sub> (%)		T <sub>4</sub> (%)	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	38.8	6.9	24.5	3.3	13.9	4.5	22.8	9.1
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	42.2	7.0	21.1	5.4	13.2	3.3	23.5	5.4
<b>Bflex.Rnoejec.Dch</b>	41.1	7.9	16.7	8.5	17.1	4.9	25.2	6.8
<b>Bflex.Rnoejec.Izd</b>	39.1	4.9	20.1	1.9	14.8	3.6	25.9	7.1
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	38.5	8.0	24.2	5.7	14.2	0.8	23.1	3.9
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	37.4	8.1	25.2	7.9	17.0	6.3	20.4	9.3

**Tabla 3.2.10. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia delante relativo, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom.</i> <i>Dch</i>	<i>NRdom.</i> <i>Izd</i>	<i>NRnodom.</i> <i>Dch</i>	<i>NRnodom.</i> <i>Izd</i>	<i>NSR</i> <i>Dch</i>	<i>NSR</i> <i>Izd</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rnoejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rnoejec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Izd</i>
NRdom.Dch	-	-	*	-	-	*	*	-	*	*	**	**
NRdom.Izd		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRnodom.Dch			-	-	-	-	-	-	-	-	*	*
NRnodom.Izd				-	-	-	*	-	-	*	-	*
NSR.Dch					-	-	-	-	-	-	-	*
NSR.Izd						-	-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Dch								-	-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Izd									-	-	-	-
Bflex.Rejec.Dch										-	-	-
Bflex.Rejec.Izd											-	-

\* P< 0.05      \*\* P< 0.01      \*\*\* P< 0.001

En este caso encontramos que las diferencias aparecen, como se observa en la tabla 3.2.11, en los cruces de las variables cuyas medias superan el 24% (Bext.Rejec.Dch y Bflex.Rejec.Dch e Izd.) con las variables realizadas a nado completo con medias inferiores al 18%. Diferencias a nivel de  $p < 0.01$  para Bext.Rejec.Dch. y a nivel predominante  $p < 0.05$  para Bflex.Rejec. Se observa, además, en los cruces de los ejercicios analíticos, que aparecen ligeras diferencias ( $p < 0.05$ ) entre el ejercicio que mantiene el brazo izquierdo extendido delante (Bext.Rejec.Dch) con respiración al lado ejecutor y los ejercicios ejecutados con un brazo y respiración al lado contrario Bflex.Rnoejec.

Con relación a la duración relativa del movimiento hacia dentro ( $T_3$ ), se observa que los datos procedentes del nado completo con o sin respiración se mantienen con medias muy similares que oscilan entre 12,8% para NRnodom.Dch. y 16,3% para (NRnodom.Izd), no existiendo diferencias significativas entre ninguno de sus cruces.

En relación a los ejercicios realizados con un solo brazo, se observa que presentan medias similares, comprendidas entre 13.2% y 17.1%. La similitud entre las medias hace que no existan diferencias significativas entre sus cruces, por lo cual no se expone la matriz de significación.

La fase de movimiento ascendente muestra, de nuevo, poca variabilidad entre sus medias, se observa en la tabla 3.2.8 que el dato más relevante, en este caso por ser el más elevado, es el del ejercicio realizado a crol con respiración al lado no dominante en su ejecución con brazo derecho (NRnodom.Dch) con 29.5% algo más distante del resto de los valores, tanto de los ejercicios a nado completo como los ejercicios analíticos, comprendidos entre 20.4% y 26.4%. Esto se refleja tras el análisis inferencial, expuesto en la tabla 3.2.12, en la escasez de diferencias significativas, que se reducen a ciertas diferencias ( $p < 0.05$ ) entre el ejercicio NRnodom.Dch. y los ejercicios crol con respiración no dominante y crol sin respiración realizados con brazo izquierdo (NRnodom.Izd y NSR.Izd) y en el cruce con los ejercicios analíticos que manteniendo el otro brazo junto al cuerpo se realizan con respiración por el lado ejecutor (Bflex.Rejec.).

**Tabla 3.2.11. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento hacia abajo relativo, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom. Dch</i>	<i>NRdom. Izd</i>	<i>NRnodom. Dch</i>	<i>NRnodom. Izd</i>	<i>NSR Dch</i>	<i>NSR Izd</i>	<i>Bext.Rejec. Dch</i>	<i>Bext.Rejec. Izd</i>	<i>Bflex.Rnojec. Dch</i>	<i>Bflex.Rnojec. Izd</i>	<i>Bflex.Rejec. Dch</i>	<i>Bflex.Rejec. Izd</i>
NRdom.Dch	-	-	-	-	-	-	**	-	-	-	**	*
NRdom.Izd		-	**	-	-	-	***	-	-	-	*	*
NRnodom.Dch			-	-	-	*	***	-	-	**	***	**
NRnodom.Izd				-	-	-	***	-	-	-	**	*
NSR.Dch					-	-	*	-	-	-	*	*
NSR.Izd						-	-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Dch							-	-	*	**	-	-
Bext.Rejec.Izd							-	-	-	-	-	-
Bflex.Rnojec.Dch								-	-	-	-	-
Bflex.Rnojec.Izd									-	-	-	-
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P<0.05    \*\* P<0.01    \*\*\* P<0.001

**Tabla 3.2.12. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable tiempo de movimiento ascendente relativo, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom. Dch</i>	<i>NRdom. Izd</i>	<i>NRnodom. Dch</i>	<i>NRnodom. Izd</i>	<i>NSR Dch</i>	<i>NSR Izd</i>	<i>Bext.Rejec. Dch</i>	<i>Bext.Rejec. Izd</i>	<i>Bflex.Rnojec. Dch</i>	<i>Bflex.Rnojec. Izd</i>	<i>Bflex.Rejec. Dch</i>	<i>Bflex.Rejec. Izd</i>
NRdom.Dch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRdom.Izd		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
NRnodom.Dch			-	*	-	*	-	-	-	-	*	*
NRnodom.Izd				-	-	-	-	-	-	-	-	-
NSR.Dch					-	-	-	-	-	-	-	-
NSR.Izd						-	-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	-	-	-
Bflex.Rnojec.Dch									-	-	-	-
Bflex.Rnojec.Izd										-	-	-
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05      \*\* P< 0.01      \*\*\* P< 0.001

### 3.2.2.- Variables angulares.

En este estudio, únicamente se ha analizado el ángulo de máxima flexión del codo durante la tracción, ( $\beta_{Cm\acute{a}x.}$ ), no considerándose ninguna de las variables que tienen relación con la rotación sobre el eje longitudinal del cuerpo debido a la imposibilidad de medir con fiabilidad esta variable bajo las condiciones en que se llevó a cabo el estudio. Sí se han localizado tanto el momento en que se produce esa máxima flexión del codo ( $\% \beta_{Cm\acute{a}x.}$ ) como el momento en el que se produce la máxima rotación del tronco ( $\% \theta_{Hm\acute{a}x.}$ ), considerándolo como aquel en el que el hombro del brazo que ejecuta la acción alcanza máxima profundidad.

En relación a la variable máxima flexión de codo, se observa al analizar los resultados obtenidos en los ejercicios de nado crol estilo completo, en la tabla 3.2.13, que los registros son diferentes en las ejecuciones con brazo derecho, en cuyo caso la flexión de codo es próxima a  $90^\circ$ , concretamente entre  $91^\circ$  y  $96^\circ$ , y las ejecuciones con brazo izquierdo donde encontramos ángulos superiores (menor flexión del codo) que se sitúan entre  $111^\circ$  y  $118^\circ$ . Hecho que, junto a la escasa desviación de los datos, da lugar a la aparición de diferencias con un valor de  $p < 0.01$  (tabla 3.2.15) entre las acciones de brazo derecho e izquierdo en los mismos ejercicios, igualmente aparecen ciertas diferencias entre ambos brazos con  $p < 0.05$  en los cruces de ejercicios diferentes, con respiración dominante, no dominante y sin respiración.

En las ejecuciones realizadas con un solo brazo, cuyos datos descriptivos se muestran en la tabla 3.2.14, comprobamos que los ejercicios con el brazo no ejecutor flexionado junto al cuerpo, independientemente del lado de respiración ( $B_{flex.Rnoejec.}$  y  $B_{flex.Rejec.}$ ), siguen la misma tendencia que los analizados anteriormente, con ángulos de mayor flexión en las acciones del brazo derecho y de menor flexión en las acciones del brazo izquierdo, mostrando diferencias con  $p < 0.01$  (tabla 3.2.15) en los cruces de las ejecuciones con brazo derecho e izquierdo tanto en el mismo ejercicio como entre los dos. Así mismo encontramos claras diferencias, a nivel de  $p < 0.001$ , al cruzar los ejercicios analíticos con el brazo junto al cuerpo realizados con el brazo derecho con las ejecuciones del brazo izquierdo en todos los ejercicios a nado completo, mientras que las acciones con brazo izquierdo sólo muestran ciertas diferencias ( $p < 0.05$ ) en el ejercicio con respiración al lado no ejecutor al cruzarse con las acciones del brazo derecho en los ejercicios de crol completo.

**Tabla 3.2.13. Medias y desviaciones típicas de la variable máxima flexión del codo medida en el estudio 2 y expresada en grados, en los ejercicios realizados a nado completo.** Considerando  $\beta_{Cmax}$  la máxima flexión de codo alcanzada a lo largo de la tracción. Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	$\beta_{Cmax}$	
	media	d.t.
<b>NRdom.Dch</b>	96	10
<b>NRdom.Izd</b>	118	11
<b>NRnodom.Dch</b>	91	13
<b>NRnodom.Izd</b>	111	12
<b>NSR.Dch</b>	92	8
<b>NSR.Izd</b>	112	10

**Tabla 3.2.14. Medias y desviaciones típicas de la variable máxima flexión del codo medida en el estudio 2 y expresada en grados, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.** Considerando  $\beta_{Cmax}$  la máxima flexión de codo alcanzada a lo largo de la tracción. Donde: Bext.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	$\beta_{Cmax}$	
	media	d.t.
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	94	12
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	95	12
<b>Bflex.Rnoejec.Dch</b>	77	13
<b>Bflex.Rnoejec.Izd</b>	108	9
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	83	9
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	103	17



**Tabla 3.2.15. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable máxima flexión de codo, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	NRdom. Dch	NRdom. Izd	NRnodom. Dch	NRnodom. Izd	NSR Dch	NSR Izd	Bext.Rejec. Dch	Bext.Rejec. Izd	Bflex.Rnojec. Dch	Bflex.Rnojec. Izd	Bflex.Rejec. Dch	Bflex.Rejec. Izd
NRdom.Dch	-	**	-	*	-	*	-	-	**	*	**	-
NRdom.Izd		-	**	-	***	-	***	***	***	-	***	*
NRnodom.Dch			-	*	-	**	-	-	*	**	-	-
NRnodom.Izd				-	***	-	*	*	***	-	***	-
NSR.Dch					-	***	-	-	**	***	*	-
NSR.Izd						-	**	***	***	-	***	-
Bext.Rejec.Dch							-	-	*	*	*	-
Bext.Rejec.Izd								-	***	*	-	-
Bflex.Rnojec.Dch									-	***	-	**
Bflex.Rnojec.Izd										-	***	-
Bflex.Rejec.Dch											-	**
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

Se puede observar, además, en estos ejercicios analíticos con el brazo junto al cuerpo, que los registros son inferiores a los obtenidos en el nado completo, con ángulos de 77° en Bflex.Rnojec y 83° en Bflex.Rejec, para el brazo derecho (frente a los aproximados 90° en nado completo) y ángulos de 103° y 108° respectivamente para el brazo izquierdo (frente a los más de 111° en el nado completo) aunque sólo aparecen diferencias  $p < 0.05$  en las acciones con el brazo derecho.

En lo referente al ejercicio analítico con el brazo no ejecutor extendido delante de la cabeza (Bext.Rejec.) y como se ve en las tablas anteriores, es el único caso en el que no aparecen diferencias entre las acciones del brazo derecho y el izquierdo en cuanto a la máxima flexión de codo, y cuyo registro es similar al obtenido con el brazo derecho en el nado completo, con ángulos de 94° en el brazo derecho y 95° en el brazo izquierdo, mostrando diferencias, en ambos casos, en sus cruces con las ejecuciones del brazo izquierdo en todos los ejercicios de nado completo con  $p < 0.01$  y ligeras diferencias  $p < 0.05$  al cruzarlo con las acciones del ejercicio con el brazo no ejecutor junto al cuerpo y respiración al lado no ejecutor.

En relación a la variable que determina el momento en el que se alcanza la máxima flexión de codo ( $\% \beta_{\max}$ ), expresada como porcentaje del tiempo total de tracción, las tablas 3.2.16. y 3.2.17 reflejan los promedios y desviaciones obtenidos en este caso, mostrando gran similitud en todos los registros. Se observa que, la máxima flexión de codo aparece siempre entre el 70% y 79% de la trayectoria propulsiva, no existiendo diferencias en esta variable en las distintas ejecuciones.

El momento en que se alcanza la máxima rotación de tronco ( $\% \theta_{\max}$ ), muestra, así mismo, similitud entre sus registros, aunque como se observa en la tabla 3.2.16 en los ejercicios de crol estilo completo el porcentaje de tiempo fluctúa entre el 53.1% y el 59.1% y en los ejercicios analíticos (tabla 3.2.17.) las medias de los registros son ligeramente inferiores, entre el 43% y el 52.3% con la única excepción del ejercicio Bflex.Rnojec.Izd. cuyo valor medio es de 58.5%. A pesar de ello, el análisis inferencial, sólo muestra ligeras diferencias  $p < 0.05$  en el ejercicio con valor inferior, Bflex.Rejec.Izd. con 43% al cruzarlo con los ejercicios con registros que superan el 58% (NRdom.dch.; NRdom.Izd. y Bflex.Rnojec.Izd.), como se puede observar en la tabla 3.2.18.

**Tabla 3.2.16. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales relacionadas con los ángulos máximos de rotación de tronco y flexión del codo, en los ejercicios realizados a nado completo.** Considerando  $\% \theta_{max}$  como el momento en el que aparece la máxima rotación de tronco; y  $\% \beta_{max}$  el momento en que se alcanza la máxima flexión de codo a lo largo de la tracción. Expresados ambos en porcentaje del tiempo total de tracción. Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	$\% \theta_{max}$		$\% \beta_{max}$	
	media	d.t.	X	d.t.
<b>NRdom.Dch</b>	58.9	16.9	78.7	7.5
<b>NRdom.Izd</b>	58.3	10.9	70.3	9.8
<b>NRnodom.Dch</b>	56.4	13.8	70.5	9.1
<b>NRnodom.Izd</b>	59.1	9.1	75.8	8.8
<b>NSR.Dch</b>	56.7	17.0	76.0	4.2
<b>NSR.Izd</b>	53.1	10.6	70.3	11.8

**Tabla 3.2.17. Medias y desviaciones típicas de las variables temporales relacionadas con los ángulos máximos de rotación de tronco y flexión del codo, en los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo.** Considerando  $\% \theta_{max}$  como el momento en el que aparece la máxima rotación de tronco; y  $\% \beta_{max}$  el momento en que se alcanza la máxima flexión de codo a lo largo de la tracción. Expresados ambos en porcentaje del tiempo total de tracción. Donde: Bext.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	$\% \theta_{max}$		$\% \beta_{max}$	
	media	d.t.	media	d.t.
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	45.5	10.7	77.2	9.1
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	49.4	13.6	71.4	11.1
<b>Bflex.Rnoejec.Dch</b>	52.3	20.8	74.8	6.8
<b>Bflex.Rnoejec.Izd</b>	58.5	10.5	71.3	9.7
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	51.0	15.4	76.9	3.9
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	43.0	12.2	73.6	14.9

**Tabla 3.2.18. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable momento de máxima rotación de tronco, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom</i> <i>Dch</i>	<i>NRdom</i> <i>Izd</i>	<i>NRnodom</i> <i>Dch</i>	<i>NRnodom</i> <i>Izd</i>	<i>NSR</i> <i>Dch</i>	<i>NSR</i> <i>Izd</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bext.Rejec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rnojec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rnojec.</i> <i>Izd</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Dch</i>	<i>Bflex.Rejec.</i> <i>Izd</i>
NRdomDch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
NRdomIzd		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*
NRnodomDch			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRnodomIzd				-	-	-	-	-	-	-	-	*
NSRDch					-	-	-	-	-	-	-	-
NSRIzd						-	-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	-	-	-
Bflex.Rnojec.Dch									-	-	-	-
Bflex.Rnojec.Izd										-	-	*
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

### 3.2.3.- Variables espaciales.

Con el fin de analizar la trayectoria acuática de la brazada, se han obtenido las distancias de los movimientos realizados por la mano en los tres planos del espacio a lo largo de su recorrido durante la fase de tracción. Los datos, por tanto, proporcionan información (expresada en metros) de la distancia recorrida por la mano a lo largo del eje X (**D.Long**) que describe la distancia del movimiento de la mano de delante hacia atrás; a lo largo del eje Z (**D.Trans**) que describe la distancia del movimiento medio-lateral de la mano y a lo largo del eje Y (**D.Sag**) que describe la distancia del movimiento de la mano desde la superficie del agua hasta el punto de máxima profundidad. La figura 2.4.17, muestra la representación gráfica de estos tres ejes en la trayectoria espacial de la mano.

En la tabla 3.2.19. donde se muestran los datos descriptivos de las distancias espaciales, se observa que en, este estudio, no se han encontrado diferencias significativas en la distancia recorrida por la mano en el eje X, esto es, desde el punto más adelantado al más atrasado de la tracción, lo cual indica que la longitud de la brazada no se ve afectada por el tipo de ejercicio que se realiza sea a nado completo o con un solo brazo, estando sus medias, en todos los casos entre 0.62m y 0.68m.

Igualmente, la distancia recorrida por la mano en el eje Z, que indica el desplazamiento medio-lateral de la mano, no muestra diferencias significativas entre las distintas ejecuciones realizadas y sus valores medios están comprendidos entre 0.39m y 0.48m.

En tercer lugar la distancia recorrida por la mano en el eje Y, que indica la profundidad del movimiento de la mano durante la tracción, aparece con medias claramente superiores para los ejercicios realizados a nado completo así como para el ejercicio realizado con un solo brazo y con respiración por el lado no ejecutor (Tabla 3.2.20.), que obtienen una profundidad media entre 0.72m y 0.79m, con la única excepción del ejercicio realizado a crol sin respirar en la ejecución del brazo izquierdo que reduce la profundidad media de su trayectoria a 0.68m.

**Tabla 3.2.19. Medias y desviaciones típicas de las variables espaciales, expresadas en metros, en los ejercicios realizados a nado completo, medidas en el estudio 2.** Considerando **Longitudinal** como el desplazamiento de la mano en el eje X; **Transversal** como el desplazamiento de la mano en el eje Z; **sagital** como el desplazamiento de la mano en el eje Y; Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	Longitudinal		Transversal		Sagital	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>NRdom.Dch</b>	0.63	0.07	0.45	0.15	0.77	0.15
<b>NRdom.Izd</b>	0.68	0.10	0.41	0.10	0.78	0.18
<b>NRnodom.Dch</b>	0.67	0.14	0.39	0.18	0.79	0.17
<b>NRnodom.Izd</b>	0.64	0.12	0.44	0.12	0.75	0.16
<b>NSR.Dch</b>	0.64	0.10	0.40	0.14	0.75	0.15
<b>NSR.Izd</b>	0.62	0.06	0.45	0.11	0.68	0.15

**Tabla 3.2.20. Medias y desviaciones típicas de las variables espaciales, expresadas en metros, en los ejercicios realizados con un solo brazo, medidas en el estudio 2.** Considerando **Longitudinal** como el desplazamiento de la mano en el eje X; **Transversal** como el desplazamiento de la mano en el eje Z; **sagital** como el desplazamiento de la mano en el eje Y; Donde: Bext.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	Longitudinal		Transversal		Sagital	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	0.64	0.08	0.42	0.13	0.61	0.12
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	0.67	0.09	0.41	0.19	0.61	0.11
<b>Bflex.Rnoejec.Dch</b>	0.65	0.10	0.48	0.14	0.72	0.12
<b>BflexRnoejec.Izd</b>	0.67	0.11	0.41	0.17	0.78	0.11
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	0.64	0.08	0.43	0.19	0.65	0.12
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	0.65	0.11	0.44	0.22	0.64	0.13

Los ejercicios realizados con un solo brazo con respiración por el lado ejecutor, presentan valores medios en la distancia recorrida por la mano en el eje Y de 0.61m cuando el brazo contrario se mantiene extendido delante de la cabeza, y de 0.65m cuando brazo no ejecutor permanece flexionado junto al tronco.

En ambos casos el análisis inferencial (tabla 3.2.21.) muestra diferencias significativas de estos ejercicios, analíticos con respiración al lado ejecutor, con relación a los realizados a nado completo (excepto con NSR.Izd) y al ejercicio con un brazo y respiración por el lado no ejecutor, diferencias que se muestran a nivel de  $p < 0.01$  para el ejercicio que mantiene el brazo contrario extendido y a nivel de  $p < 0.05$  para el ejercicio que mantiene el brazo contrario flexionado junto al cuerpo.

**Tabla 3.2.21. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable amplitud sagital de la tracción en el eje Y, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	NRdom Dch	NRdom Izd	NRnodom Dch	NRnodom Izd	NSR Dch	NSR Izd	Bext.Rejec. Dch	Bext.Rejec. Izd	Bflex.Rnojec. Dch	Bflex.Rnojec. Izd	Bflex.Rejec. Dch	Bflex.Rejec. Izd
NRdomDch	-	-	-	-	-	*	***	**	-	-	**	*
NRdomIzd		-	-	-	-	**	***	**	-	-	**	*
NRnodomDch			-	-	-	***	***	**	-	-	***	*
NRnodomIzd				-	-	*	**	**	-	-	*	*
NSRDch					-	-	**	*	-	-	-	-
NSRIzd							**	-	-	***	-	-
Bext.Rejec.Dch							-	-	***	***	*	-
Bext.Rejec.Izd								-	**	***	-	-
Bflex.Rnojec.Dch									-	*	*	*
Bflex.Rnojec.Izd										-	***	**
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001



### 3.2.4.- Variables relativas a las velocidades.

Se realiza un análisis de la velocidad instantánea de la mano al final de cada una de las fases en que se ha dividido la tracción, esto es: velocidad instantánea de la mano en el momento en que finaliza el movimiento de entrada y extensión V(1); velocidad instantánea de la mano en el momento en que finaliza el movimiento hacia abajo (V2); velocidad instantánea de la mano en el momento en que finaliza el movimiento hacia dentro V(3) y velocidad instantánea de la mano en el momento en que finaliza el movimiento ascendente V(4). Así mismo, se obtuvieron la velocidad máxima desarrollada por la mano durante la fase acuática de la brazada y el momento de la tracción en que se alcanza, y la velocidad media de desplazamiento del cuerpo durante las ejecuciones de los diferentes ejercicios.

En la tabla 3.2.22. se muestran la estadística descriptiva de las velocidades instantáneas en las cuatro fases definidas en los ejercicios realizados a nado completo. Observando en primer lugar la variable  $V_1$ , se comprueba que las velocidades más elevadas se alcanzan en el nado sin respiración (NSR) con medias de 2.06 y 2.16 m/s, existiendo una tendencia a mostrar velocidades superiores, al final del movimiento de extensión, entre los ejercicios realizados a nado completo frente a los realizados con un solo brazo, (mostrados en la tabla 3.2.23.) con una única excepción en el ejercicio NRdom.Dch, que con una media de 1.64 muestra el mínimo valor en la velocidad instantánea en la primera fase de la tracción.

Con estos datos y tras el análisis inferencial, se comprueba en la tabla 3.2.24, que estas diferencias son significativas a nivel de  $p < 0.01$  entre las ejecuciones realizadas sin respiración (NSR) y las ejecutadas con un solo brazo manteniendo el otro flexionado junto al cuerpo con respiración por el lado ejecutor (Bflex.Rejec.) y con el brazo extendido y respiración por el lado ejecutor con el brazo derecho (Bext.Rejec.Dch.). Las diferencias entre los ejercicios realizados a nado completo se reducen al cruce entre NSR.Dch y NRdom.Dch con  $p < 0.05$ .

**Tabla 3.2.22. Medias y desviaciones típicas de las variables cinemáticas, expresadas en metros/segundo, en los ejercicios realizados a nado completo, medidas en el estudio 2.** Considerando ( $V_1$ ), Velocidad al final del movimiento de entrada y extensión; ( $V_2$ ), Velocidad al final del movimiento hacia abajo; ( $V_3$ ), Velocidad al final del movimiento hacia dentro y ( $V_4$ ), Velocidad al final del movimiento ascendente. Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	$V_1$ (m/s)		$V_2$ (m/s)		$V_3$ (m/s)		$V_4$ (m/s)	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>NRdom.Dch</b>	1.64	0.44	2.38	0.75	2.05	0.59	3.04	0.84
<b>NRdom.Izd</b>	2.02	0.39	2.27	0.66	1.94	0.60	2.99	0.79
<b>NRnodom.Dch</b>	1.98	0.47	2.44	0.71	1.87	0.38	2.88	0.79
<b>NRnodom.Izd</b>	1.93	0.25	2.43	0.49	1.82	0.44	3.37	0.99
<b>NSR.Dch</b>	2.16	0.39	2.21	0.77	2.13	0.70	3.23	0.91
<b>NSR.Izd</b>	2.06	0.38	2.32	0.84	2.14	0.84	3.93	0.88

**Tabla 3.2.23. Medias y desviaciones típicas de las variables cinemáticas, expresadas en metros/segundo, en los ejercicios realizados con un solo brazo, medidas en el estudio 2.** Considerando ( $V_1$ ), Velocidad al final del movimiento de entrada y extensión; ( $V_2$ ), Velocidad al final del movimiento hacia abajo; ( $V_3$ ), Velocidad al final del movimiento hacia dentro y ( $V_4$ ), Velocidad al final del movimiento ascendente. Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	$V_1$ (m/s)		$V_2$ (m/s)		$V_3$ (m/s)		$V_4$ (m/s)	
	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.	media	d.t.
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	1.66	0.52	2.15	1.22	1.71	0.50	2.92	0.46
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	1.81	0.62	2.35	0.85	1.68	0.44	3.18	0.66
<b>Bflex.Rnojec.Dch</b>	1.85	0.50	2.03	1.03	1.91	0.30	2.81	0.51
<b>Bflex.Rnojec.Izd</b>	1.82	0.28	2.31	0.78	1.69	0.18	2.71	0.86
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	1.64	0.40	2.13	1.02	1.53	0.40	2.77	0.64
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	1.75	0.49	2.21	1.10	1.73	0.48	2.68	0.71

**Tabla 3.2.24. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable cinemática velocidad instantánea al final del movimiento de entrada y extensión, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	NRdom. Dch	NRdom. Izd	NRnodom. Dch	NRnodom. Izd	NSR Dch	NSR Izd	Bext.Rejec. Dch	Bext.Rejec. Izd	Bflex.Rnoejec. Dch	Bflex.Rnoejec. Izd	Bflex.Rejec. Dch	Bflex.Rejec. Izd
NRdom.Dch	-	-	**	-	*	-	-	-	-	-	-	-
NRdom.Izd		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRnodom.Dch			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRnodom.Izd				-	-	-	-	-	*	-	-	-
NSR.Dch					-	-	**	-	*	-	***	**
NSR.Izd						-	-	-	-	-	*	-
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Dch									-	-	*	-
Bflex.Rnoejec.Izd										-	-	-
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

La siguiente fase en que se ha dividido la tracción es la de movimiento hacia abajo, finalizando al alcanzar la mano el punto de máxima profundidad, la velocidad instantánea en este momento ( $V_2$ ) presenta medias similares entre todas las ejecuciones. Aunque se detectan valores ligeramente superiores en el nado completo (entre 2.21 y 2.44 m/s) e inferiores en el nado analítico (entre 2.03 y 2.35 m/s), el análisis de significación no muestra diferencias entre ninguno de los posibles cruces.

En lo que se refiere a la velocidad instantánea en el momento final del movimiento hacia dentro se desprende de los datos descriptivos, mostrados en las tablas 3.2.22 y 3.2.23, que se mantiene la mayor velocidad de la mano en los ejercicios realizados a nado completo (1.82-2.14m/s) frente a la creada por la mano en los ejercicios realizados con un brazo (1.53-1.98m/s), sin embargo estas diferencias carecen de significatividad estadística salvo en los cruces de los ejercicios con medias mínimas (Bext.Rejec.Izd. y Bflex.Rnoejec.Dch) con los ejercicios con medias máximas (NSR y NRdom.Dch) que muestran diferencias con  $p < 0.05$ . (tabla 3.2.25.)

La última fase de tracción considerada es el movimiento ascendente. La velocidad instantánea de la mano al final de este movimiento se muestra también en las tablas citadas y continua en la misma línea que en las situaciones anteriores presentando superior velocidad en los ejercicios realizados a nado completo al compararlos con los ejercicios analíticos realizados con un solo brazo. Sin embargo, observando la tabla 3.2.26. las diferencias estadísticas ( $p < 0.01$ ) aparecen exclusivamente en el ejercicio NSR.Izd, que con 3.93m/s presenta la media más elevada, al cruzarlo con los ejercicios realizados con un solo brazo, exceptuando únicamente al ejecutado con el izquierdo manteniendo el contrario extendido delante de la cabeza que muestra la media de velocidad más alta de estos ejercicios analíticos con 3.18m/s.

En la tabla 3.2.27. se exponen los datos descriptivos de la velocidad máxima desarrollada por la mano a lo largo de su recorrido subacuático así como en el momento (expresado en porcentaje del tiempo total de tracción) en que aparece. En ella se puede observar que, de nuevo las medias de velocidad máxima alcanzadas por la mano durante los ejercicios realizados a nado completo son más elevadas (entre 3.25 y 4.41m/s), que las obtenidas en el nado con un solo brazo (entre 3.09 y 3.33m/s).

**Tabla 3.2.25. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable cinemática velocidad instantánea al final del movimiento hacia dentro, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<i>NRdom</i> Dch	<i>NRdom</i> Izd	<i>NRnodom</i> Dch	<i>NRnodom</i> Izd	<i>NSR</i> Dch	<i>NSR</i> Izd	<i>Bext.Rejec</i> Dch	<i>Bext.Rejec</i> Izd	<i>Bflex.Rnoejec</i> Dch	<i>Bflex.Rnoejec</i> Izd	<i>Bflex.Rejec</i> Dch	<i>Bflex.Rejec</i> Izd
NRdomDch	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	*	-
NRdomIzd		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRnodomDch			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRnodomIzd				-	-	-	-	-	-	-	-	-
NSRDch					-	-	-	*	-	-	*	-
NSRIzd						-	-	-	-	-	*	-
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Dch								-	-	-	*	-
Bflex.Rnoejec.Izd									-	-	-	-
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P<0.05    \*\* P<0.01    \*\*\* P<0.001

**Tabla 3.2.26. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable cinemática velocidad instantánea al final del movimiento ascendente, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	NRdom. Dch	NRdom. Izd	NRnodom. Dch	NRnodom. Izd	NSR Dch	NSR Izd	Bext.Rejec. Dch	Bext.Rejec. Izd	Bflex.Rnoejec. Dch	Bflex.Rnoejec. Izd	Bflex.Rejec. Dch	Bflex.Rejec. Izd
NRdom.Dch	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	-
NRdom.Izd		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NRnodom.Dch			-	*	-	*	-	-	-	-	-	-
NRnodom.Izd				-	-	-	-	-	*	-	-	*
NSR.Dch					-	-	-	-	-	-	-	-
NSR.Izd						-	**	-	**	*	***	**
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Dch									-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Izd										-	-	-
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001

**Tabla 3.2.27. Medias y desviaciones típicas de las variable velocidad máxima y momento en el que aparece, expresadas en metros/segundo y porcentaje del tiempo total de tracción, medidas en el estudio 2.** Considerando ( $V_{\text{máx}}$ ) velocidad máxima de la mano durante la tracción y ( $\%V_{\text{máx}}$ ) momento en el que aparece la  $V_{\text{máx}}$ . Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración. Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor. Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	$V_{\text{máx}}$ (m/s)		$\%V_{\text{máx}}$ (%)	
	media	d.t.	media	d.t.
<b>NRdom.Dch</b>	3.39	0.77	93.26	9.85
<b>NRdom.Izd</b>	3.55	0.61	89.89	6.84
<b>NRnodom.Dch</b>	3.25	0.71	89.99	9.90
<b>NRnodom.Izd</b>	3.68	0.79	93.99	5.00
<b>NSR.Dch</b>	3.76	0.59	94.11	3.81
<b>NSR.Izd</b>	4.41	0.74	95.21	3.82
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	3.20	0.41	92.61	11.54
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	3.33	0.58	95.44	5.63
<b>Bflex.Rnoejec.Dch</b>	3.23	0.48	88.13	12.80
<b>Bflex.Rnoejec.Izd</b>	3.09	0.62	83.54	14.09
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	3.10	0.53	89.10	13.50
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	3.21	0.57	92.55	7.77

En este caso sí aparecen diferencias significativas (tabla 3.2.28.) al nivel de  $p < 0.001$  en los cruces del ejercicio NSR.Izd (4.41m/s) con todos los ejercicios analíticos. Dado lo elevado de su registro, este ejercicio de nado completo sin respiración, en su ejecución con brazo izquierdo, presenta también diferencias al nivel de  $p < 0.05$  con el resto de los ejercicios de nado completo con respiración e incluso con el ejercicio realizado sin respiración pero en su ejecución con brazo derecho.

En relación al momento en que se produce el pico de velocidad durante la tracción, no se han mostrado diferencias en ninguno de los ejercicios, apareciendo siempre en el último tercio de la tracción, más explícitamente entre el 83% y el 95% del tiempo total del recorrido acuático de la brazada.

Por último, haciendo referencia a la velocidad media de desplazamiento del cuerpo, se observa en la tabla 3.2.29. , donde se muestran los datos descriptivos de esta variable, que indudablemente en el ejercicio en el que el cuerpo se desplaza a mayor velocidad es en el nado crol sin respiración donde se desarrolla una velocidad media de 1.75m/s mostrando claras diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) con los ejercicios ejecutados con un solo brazo, (con medias entre 1.14 y 1.33m/s), y diferencias al nivel de  $p < 0.05$  con los realizados a nado completo con respiración (1.62 y 1.64m/s). (tabla 3.2.30).

Así mismo, también los ejercicios de crol con respiración, tanto por el lado dominante como por el lado no dominante, muestran diferencias con  $p < 0.001$  con todos los ejercicios analíticos. Estas diferencias de velocidades medias son predecibles, ya que tenemos que tener en cuenta que los ejercicios analíticos, al realizarse con un solo brazo, no presentan continuidad en la aplicación de las fuerzas propulsivas.

Si se observan los datos de los ejercicios ejecutados con un solo brazo, vemos que los que muestran mayor velocidad media de desplazamiento son los realizados con el brazo contrario extendido delante (2.29-2.33m/s) lo cual es lógico, teniendo en cuenta que los ejercicios con brazo no ejecutor flexionado junto al cuerpo mantienen una posición de alta resistencia al avance que limita la eficacia de la propulsión generada por el brazo que tracciona.



**Tabla 3.2.28. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable cinemática velocidad máxima, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	NRdom Dch	NRdom Izd	NRnodom Dch	NRnodom Izd	NSR Dch	NSR Izd	Bext.Rejec. Dch	Bext.Rejec. Izd	Bflex.Rnoejec. Dch	Bflex.Rnoejec. Izd	Bflex.Rejec. Dch	Bflex.Rejec. Izd
NRdomDch	-	-	-	-	-	**	-	-	-	-	-	-
NRdomIzd		-	*	-	-	**	-	-	-	***	*	*
NRnodomDch			-	-	*	***	-	-	-	-	-	-
NRnodomIzd				-	-	*	-	-	-	*	-	-
NSRDch					-	*	*	-	*	**	*	*
NSRIzd						-	***	**	***	***	***	**
Bext.Rejec.Dch							-	-	-	-	-	-
Bext.Rejec.Izd								-	-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Dch									-	-	-	-
Bflex.Rnoejec.Izd										-	-	-
Bflex.Rejec.Dch											-	-
Bflex.Rejec.Izd												-

\* P< 0.05      \*\* P< 0.01      \*\*\* P< 0.001

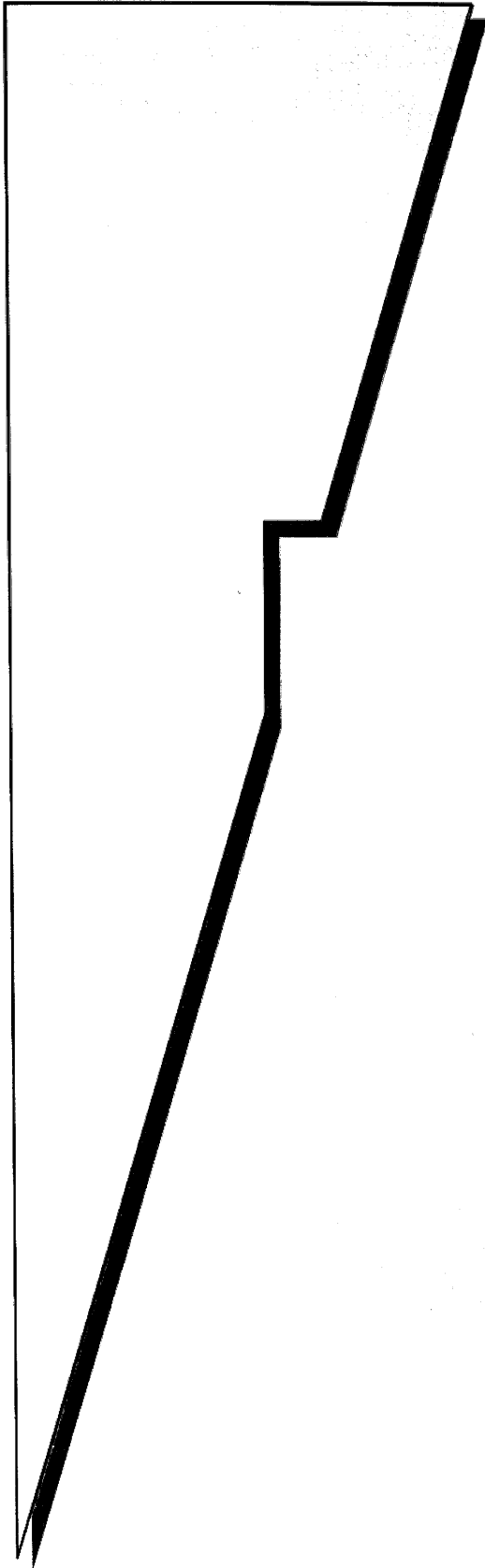
**Tabla 3.2.29. Medias y desviaciones típicas de las variable velocidad media de desplazamiento del cuerpo, expresadas en metros/segundo, medidas en el estudio 2.** Considerando ( $V_m$ ) Vel.media de desplazamiento. Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnoejec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	<b>Vmedia</b>	
	<b>media</b>	<b>d.t.</b>
<b>NRdom.</b>	1.62	0.14
<b>NRnodom.</b>	1.64	0.07
<b>NSR.</b>	1.75	0.12
<b>Bext.Rejec.Dch</b>	1.29	0.11
<b>Bext.Rejec.Izd</b>	1.33	0.16
<b>Bflex.Rnoejec.Dch</b>	1.20	0.07
<b>Bflex.Rnoejec.Izd</b>	1.14	0.10
<b>Bflex.Rejec.Dch</b>	1.18	0.09
<b>Bflex.Rejec.Izd</b>	1.22	0.11

**Tabla 3.2.30. Matriz de significación en función del valor de P, tras el análisis de la t de Student, en la variable velocidad media de desplazamiento del cuerpo, en el estudio 2.** Donde NRdom. indica los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado dominante; NRnodom. son los ejercicios realizados a nado completo con respiración por el lado no dominante y NSR indica los ejercicios realizados a nado completo sin respiración . Así mismo, Bext.Rejec., indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro extendido delante de la cabeza y respirando por el brazo ejecutor; Bflex.Rnojec. son los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado no ejecutor y Bflex.Rejec. indica los ejercicios realizados con un solo brazo manteniendo el otro brazo junto al cuerpo y respirando por el lado ejecutor . Siendo Dch. las ejecuciones con el brazo derecho e Izd. las ejecuciones del brazo izquierdo.

	NRdom	NRnodom	NSR	Bext.Rejec. Dch	Bext.Rejec. Izd	Bflex.Rnojec. Dch	Bflex.Rnojec. Izd	Bflex.Rejec. Dch	Bflex.Rejec. Izd
NRdom	-	-	**	***	***	***	***	***	***
NRnodom		-	*	***	***	***	***	***	***
NSR			-	***	***	***	***	***	***
Bext.Rejec.Dch				-	-	-	***	*	-
Bext.Rejec.Izd					-	*	**	**	*
Bflex.Rnojec.Dch						-	*	-	-
Bflex.Rnojec.Izd							-	-	*
Bflex.Rejec.Dch								-	-
Bflex.Rejec.Izd									-

\* P< 0.05    \*\* P< 0.01    \*\*\* P< 0.001



## DISCUSIÓN

El presente estudio ha permitido observar que el uso de la tecnología en el aula puede ser una herramienta poderosa para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, es necesario que los docentes estén preparados para utilizarla de manera efectiva y que los estudiantes tengan acceso a los recursos necesarios. La implementación de estas estrategias requiere un cambio en la cultura escolar y un apoyo institucional sólido. En conclusión, la tecnología puede transformar el aula en un espacio más interactivo y colaborativo, siempre y cuando se utilice de manera adecuada y con los recursos necesarios.

## 4.- DISCUSIÓN.

### 4.1.- Variables temporales

Como ya se ha indicado anteriormente, el tiempo total de desplazamiento subacuático de la mano, o tiempo de tracción, es la suma de los tiempos absolutos de cada una de las fases analizadas, que han sido tres en el primer estudio (movimiento hacia abajo, movimiento hacia dentro y movimiento ascendente) y cuatro en el segundo estudio (entrada y extensión, movimiento hacia abajo, movimiento hacia dentro y movimiento ascendente). Una vez expuestos los resultados, y centrándonos en los valores absolutos, hemos observado en el primer estudio que las fases determinantes de las diferencias entre unos ejercicios y otros son el movimiento hacia abajo y el movimiento ascendente, ya que la fase de movimiento hacia dentro no presentó diferencias entre los registros.

Observando las tablas 3.1.1 y 3.1.2, donde se muestran los datos descriptivos de las variables temporales, se comprueba que las medias de duración, tanto en el movimiento hacia abajo como en el movimiento ascendente, del ejercicio nado completo sin respiración (NSR) se ven significativamente reducidas, lo cual se refleja en la menor duración del tiempo total de tracción en este ejercicio. Hecho que podría explicarse por la ausencia de la acción respiratoria, que requiere para su realización ciertas modificaciones en la posición del cuerpo, como el incremento de la rotación del tronco y la rotación de la cabeza. Estos cambios sí se producen en los ejercicios con respiración, y hemos observado que éstos mostraron diferencias entre las acciones de brazo derecho e izquierdo en una u otra fase.

Igualmente, observamos que en los registros temporales de movimiento hacia abajo y ascendente, en todos los casos ejecutados con un solo brazo, tienen valores superiores a los realizados a nado completo, lo que nos indicó que, realmente, al ejecutar el movimiento con un solo brazo, la acción de la mano se realiza con mayor lentitud que cuando se realiza el nado completo. Esto pensamos que se debe a que durante la realización del estilo crol con un solo brazo, la velocidad de desplazamiento entre brazadas se reduce en gran medida, debido a la existencia de intervalos de tiempo sin aplicar propulsión con los brazos (durante el recobro del brazo ejecutor), esto

implica vencer la inercia del cuerpo que se desplaza a una menor velocidad lo que produce un desplazamiento de la mano más lento al tener que vencer más resistencia en su movimiento propulsivo.

Es una situación similar a la que se produce en los estilos simétricos (braza y mariposa), cuya técnica implica acciones simultáneas y simétricas en los movimientos de brazos y piernas. Persyn y cols. (2000) encontraron que, en nadadores de nivel internacional, en estos dos estilos se producen fluctuaciones de velocidad durante el nado, mayores en braza (52,9%) que en mariposa (20,7%). Por otro lado, en su descripción del estilo braza Costill y cols. (1994) afirmaron que aunque los bracistas pueden generar más fuerza durante las fases propulsoras que los nadadores de otros estilos, también se desaceleran de forma muy pronunciada cada vez que realizan el recobro de las piernas al preparar una nueva patada. Esto reduce considerablemente la velocidad media por ciclo completo de nado situándola por debajo de la de otros estilos. D'Acquisto y Costill (1988, 1998) valoraron la velocidad de desplazamiento y su relación con los cambios en la posición del cuerpo durante el nado a braza, obteniendo en sus resultados grandes aceleraciones durante las fases propulsivas, tanto de brazos como de piernas, mientras que durante las acciones de recobro, tanto de brazos como de piernas, la velocidad lineal del cuerpo se reduce, concluyendo que los cambios en la velocidad horizontal del cuerpo son debidos a la aplicación intermitente de las fuerzas propulsivas y a los cambios de posición de brazos y piernas.

Por otro lado, se comprobó que existen diferencias entre las ejecuciones del ejercicio analítico con el brazo no ejecutor extendido delante (Bext.Rejec.) en relación con los ejecutados con el brazo no ejecutor junto al cuerpo (Bflex.Rejec y Bflex.Rno ejec.), diferencias que pensamos que se deben fundamentalmente a que, en el primer caso, la posición es más hidrodinámica y genera, por tanto, menos resistencia que la posición de los ejercicios con brazo no ejecutor junto al cuerpo, que incrementa en mayor medida la resistencia al avance, tal como establecieron Vorontsov y Rumyantsev (2000) cuando analizaron las fuerzas de resistencia en natación y determinaron la influencia de la posición del cuerpo y su orientación en relación al fluido en la magnitud de la resistencia hidrodinámica, afirmando que la mayor componente de la resistencia al

avance es la resistencia debida a la presión, o resistencia frontal<sup>4</sup> que se modifica en función de la posición del nadador.

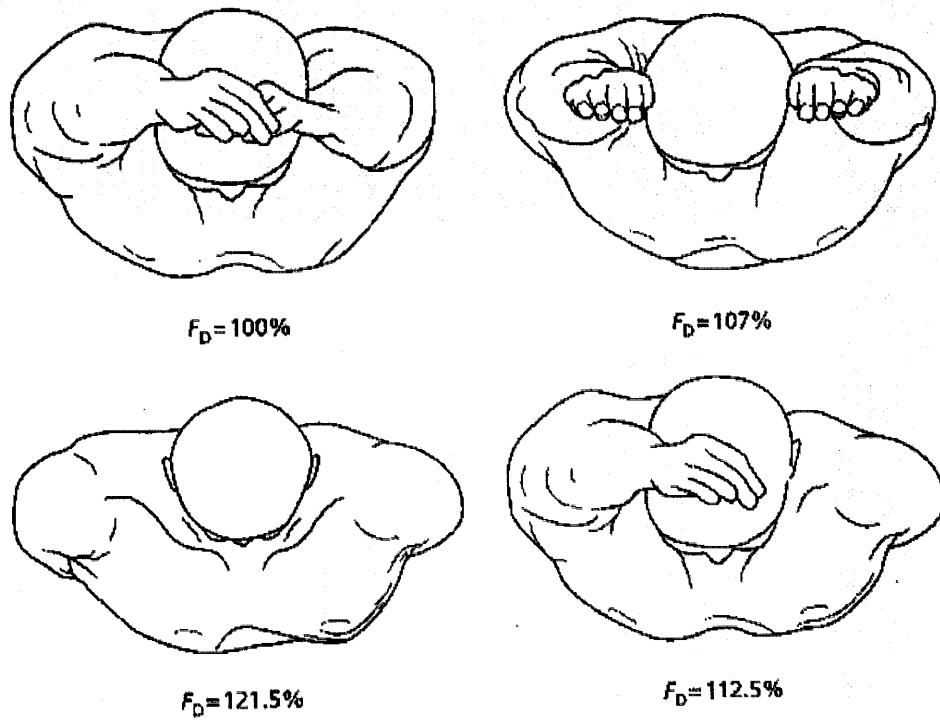
Como se ve en la figura 4.1 (Vorontsov y Rummyantsev, 2000) la posición de menor resistencia al avance (PMR) fue la que mantuvo el cuerpo totalmente alineado y extendido con las manos unidas por delante de la cabeza, cuando la posición se modificó manteniendo un brazo extendido delante de la cabeza y el otro junto al cuerpo (posición utilizada en el ejercicio Bext.Rejec. en nuestro estudio) la resistencia se incrementó en un 12,5% y si ambos brazos se encuentran junto al cuerpo (posición utilizada en los ejercicios Bflex.Rnoejec. y Bflex.Rejec. en nuestro estudio) la resistencia aumentó un 21,5%. Lo cual puede explicar el hecho de que, en la presente investigación, los ejercicios ejecutados de forma analítica manteniendo el brazo no ejecutor junto al cuerpo hayan obtenido los tiempos de tracción mas elevados, ya que debieron vencer mayor resistencia, con lo cual la reducción de velocidad durante el recobro fue también superior y la inercia a vencer por una nueva tracción se vio incrementada.

Los resultados obtenidos en el segundo estudio, mostraron que la fase de entrada y extensión (acción no analizada en el estudio anterior) no presentó diferencias entre los ejercicios realizados, excepto en el caso del nado sin respiración (NSR), que mostró algunas diferencias (tabla 3.2.3.) relacionadas con la mayor rapidez con la que se realizó toda la tracción en este ejercicio.

Sin embargo, en el tiempo de movimiento hacia abajo (tabla 3.2.4.) sí aparecieron diferencias entre los ejercicios realizados a nado completo y los ejercicios ejecutados con un brazo, con lo cual podemos afirmar que la acción que realmente se prolonga en estos ejercicios analíticos es la de movimiento hacia abajo y no la entrada y extensión. Vemos, por tanto, que estos resultados coincidieron con los obtenidos en el estudio anterior.

---

4 La resistencia frontal es debida a la presión que ejerce la masa de agua delante del cuerpo del nadador, y cuya magnitud depende de la sección transversal del cuerpo del nadador al avance.



**Figura 4.1. Impacto de la forma del cuerpo sobre la resistencia hidrodinámica durante el deslizamiento subacuático según Vorontsov y Rumyantsev (2000). La magnitud de resistencia total en posición óptima de deslizamiento se ha considerado como el 100%.**



En relación con el tiempo de movimiento ascendente, el comportamiento de los resultados del segundo estudio, tiende a ser parecido a lo comentado en el primero, con un incremento en la duración de esta fase en los ejercicios analíticos, en mayor medida para los realizados con el brazo no ejecutor junto al cuerpo, con lo cual cabe, en este caso, confirmar lo ya aportado anteriormente.

En este segundo estudio los resultados del tiempo de movimiento hacia dentro fueron superiores en los ejercicios analíticos realizados con el brazo no ejecutor flexionado junto al cuerpo, independientemente del lado de respiración, (Bflex.) (tablas 3.2.1. y 3.2.2.). En esta fase podríamos justificar lo ocurrido de igual modo que en la acción de movimiento expuesta anteriormente, la interrupción en la continuidad de la aplicación de fuerzas propulsivas y el incremento de la resistencia por la posición del cuerpo (que es la que más resistencia ofrece) produjeron la prolongación de la duración de las acciones propulsivas del brazo ejecutor para conseguir vencer la inercia y poder acelerar el desplazamiento del cuerpo.

Sin embargo, en el caso del ejercicio manteniendo el brazo no ejecutor extendido delante de la cabeza, que al ser analítico debería tener un comportamiento similar a los anteriores, comprobamos que, en este caso, no se prolongó la fase de movimiento hacia dentro, teniendo una duración equivalente a la obtenida en los ejercicios de nado completo. Pensamos que esta situación se debe a que este ejercicio, por las características de la posición del cuerpo en su ejecución (manteniendo el brazo no ejecutor extendido delante) limitó en gran medida la rotación del cuerpo a lo largo del eje longitudinal del cuerpo hacia el lado ejecutor, (en el primer estudio se comprobó que esto era así como se puede observar en la tabla 3.1.12 y como se discute en el apartado variables goniométricas) con lo cual, el movimiento hacia dentro, que se asocia a la recuperación de la rotación hacia posición neutra (Payton y cols., 1999) se vio acertado por no existir suficiente rotación.

En este mismo sentido, Toshimasa (1998) estableció una hipótesis de cómo se origina la rotación sobre el eje longitudinal del cuerpo, afirmando, en relación a la fase de movimiento hacia dentro, que el momento angular del brazo en su acción de movimiento hacia dentro, obtiene como reacción un momento fuerza que genera una rotación sobre el tronco en sentido contrario a la acción del brazo. Si en la posición en la

que se efectúa el ejercicio analítico con el brazo extendido delante, en la que como se ha citado anteriormente la rotación del tronco al lado ejecutor está reducida, el brazo realizara el movimiento hacia dentro, el momento angular ocasionado sobre el tronco en sentido contrario le produciría una rotación que provocaría la elevación del hombro ejecutor por encima de la superficie del agua, adoptando una posición imposible de mantener.

Haciendo referencia al tiempo total de desplazamiento subacuático o tiempo de tracción, en ambos estudios se obtuvieron resultados similares y consecuentes con lo ocurrido en cada una de las fases analizadas. Así se observó que la acción más rápida de tracción ocurrió en el ejercicio nado sin respiración, tanto con brazo derecho como con el izquierdo; que el ejercicio analítico con el brazo no ejecutor extendido es el que mantuvo los registros temporales más similares con los obtenidos en el nado completo con respiración; y por último, que los ejercicios analíticos con el brazo junto al cuerpo fueron los que presentaron mayor alteración en estas variables, en relación a los del nado completo, incrementando sus tiempos de ejecución.

La relación entre cada una de las fases, indicó que la fase de movimiento hacia abajo fue la de mayor duración (alrededor de 0,45s.), algo más reducida fue la de movimiento ascendente (alrededor de 0,35s.) y la más corta fue la de movimiento hacia dentro (alrededor de 0,21s). Comparando estos datos con los obtenidos por Chatard y cols. (1990) nuestros resultados han coincidido con los de su estudio, en los nadadores de mayor nivel, que obtuvieron unas duraciones medias de movimiento hacia dentro más cortas, pero contrariamente a lo descrito en nuestro estudio, ellos obtuvieron mayor duración en la fase de movimiento ascendente y menor en la de movimiento hacia abajo, concretamente obtuvieron unas medias de 0,48s en el movimiento hacia abajo, 0,38s en el movimiento hacia dentro y 0,64s en el movimiento ascendente. Se observa, al comparar sus resultados con los obtenidos en esta tesis, que los tiempos empleados en las dos primeras fases, hacia abajo y hacia dentro, muestran registros medios similares, la diferencia aparece en la duración del movimiento ascendente, esta diferencia se explica porque en su estudio consideraron el movimiento ascendente desde el final del movimiento hacia dentro hasta que la mano sale completamente del agua, mientras que en el primero de nuestros estudios se finaliza la acción antes de que salga la mano del agua. Del mismo modo, estas diferencias en la duración del movimiento ascendente son

aún mayores en el segundo estudio (con medias aproximadas de 0,25s.), donde el final del movimiento se consideró cuando el codo salía del agua, dada la imposibilidad de continuar digitalizando cuando los segmentos corporales salen a la superficie.

Se apreció una falta de coincidencia en los resultados de la estadística inferencial entre los registros absolutos y los registros relativos. Es posible que esto se deba a las diferencias intra-sujeto en la duración total del tiempo de movimiento subacuático de la mano (tiempo total de tracción) lo cual hace que al realizar el análisis del tiempo relativo (% del tiempo de tracción) esas diferencias se redistribuyan en cada una de las fases, viéndose reducidas y haciendo que pierdan significatividad estadística. Sin embargo, esa ausencia de diferencias en los tiempos relativos de cada fase, coinciden con los resultados de Payton (1999) que analizó el efecto de la respiración en la sincronización de las fases de la tracción del estilo crol, observando que, cuando los nadadores son de cierto nivel, no se producen alteraciones en la misma por el efecto de la respiración.

#### **4.2.- Variables goniométricas.**

En lo referente a las variables angulares, y centrándonos en la máxima rotación de hombros sobre el eje longitudinal del cuerpo, observamos que aparecieron diferencias a favor de una mayor rotación de hombros cuando se efectuó la respiración, lo que es coincidente con los resultados expuestos por Payton y cols., (1999) que obtuvieron  $55^{\circ} \pm 4^{\circ}$  de rotación cuando no coincidía con la respiración y  $62^{\circ} \pm 4^{\circ}$  cuando coincidía con la respiración; Liu y cols., (1993) registraron una media de  $60,8^{\circ}$  de rotación hacia el lado de no respiración, pero no aportaron datos sobre el lado de respiración; Beekman y Hay (1988) observaron que los nadadores rotaron menos al no realizar la respiración ( $49,9^{\circ}$ ) y más cuando respiraban ( $57,8$ ). López y Arellano (1997) presentaron resultados similares con  $48^{\circ}$  para el lado de no respiración y  $60^{\circ}$  para el lado de respiración. Todos estos resultados tienen en común que la diferencia de rotación entre el lado de respiración y el lado de no respiración es de  $7^{\circ}$ - $12^{\circ}$  siendo siempre superior cuando coincide con la acción de respiración. Estos resultados fueron similares a los alcanzados en nuestro estudio, donde se registraron rotaciones de  $59^{\circ}$  en las ejecuciones del brazo homolateral a la respiración (no coincide con la acción de respirar) y  $69^{\circ}$  en las ejecuciones del brazo contralateral a la respiración (coincide con la

acción de respirar) con una diferencia de  $10^\circ$  entre ambas, si bien los grados de rotación fueron ligeramente superiores a los aportados por los anteriores autores.

Sí es necesario destacar, que los resultados de los autores citados se obtuvieron en una sola acción de nado completo con respiración hacia el lado habitual para el nadador (respiración dominante), en la que se analizaron las ejecuciones de ambos brazos. En la presente tesis, se ha pretendido llegar algo más lejos, y hemos querido comprobar cuales son los valores de rotación cuando la acción de respiración se realiza hacia el lado no habitual (respiración no dominante), y cuando no se realiza respiración alguna a lo largo del ciclo. Se ha comprobado que, en el primer caso que el valor medio de la rotación sobre el eje longitudinal del cuerpo cuando se respiró fue de  $69^\circ$  y cuando no se respiró fue de  $57^\circ$  datos muy similares a los obtenidos cuando la respiración se efectuó por el lado dominante, contradiciendo la creencia de que modificar el lado habitual de respiración podría causar alteraciones en la rotación del tronco. En el caso de ausencia de respiración la rotación obtenida fue de  $59^\circ \pm 1$  hacia ambos lados, valores similares a los obtenidos hacia el lado no coincidente con la respiración en el nado con respiración. Lo cual nos ha permitido suponer que la respiración por sí sola afecta a la rotación del cuerpo, como para producir las diferencias observadas independientemente de si se realiza por el lado dominante o no.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por López y Arellano (1997) que obtuvieron valores de rotación similares en la acción coincidente con la respiración tanto en el nado con respiración dominante como con respiración no dominante ( $60^\circ$  y  $63^\circ$  respectivamente) siendo éstos superiores a las rotaciones alcanzadas cuando la acción no coincide con respiración ( $48^\circ$  en el nado con respiración dominante y  $50^\circ$  en el nado con respiración no dominante). Igualmente, los registros de rotación cuando el nado se ejecutó sin respiración fueron iguales en ambos lados y similares a los obtenidos en las acciones en las que no se respiró en el nado con respiración ( $51^\circ$ )

En el presente estudio, además, se han encontrado diferencias en algunos de los ejercicios analíticos (ver tabla 3.1.12), diferencias que radicarón en la reducción de la rotación máxima de hombros hacia el lado ejecutor en los ejercicios realizados con un solo brazo y con respiración por el lado ejecutor, Bext.Rejec. y Bflex.Rejec, siendo prácticamente inexistente para el ejercicio realizado con el brazo no ejecutor extendido

Bext.Rejec ( $5^{\circ}$ - $10^{\circ}$ ) y muy reducido para el realizado con el brazo no ejecutor flexionado junto al cuerpo Bflex.Rejec ( $20^{\circ}$ - $26^{\circ}$ ). Frente a los  $58^{\circ}$ - $69^{\circ}$  alcanzados el resto de los ejercicios, tanto los realizados a nado completo, como el ejercicio realizado con un brazo y respiración por el lado no ejecutor (Bflex.Rnoejec). Estos datos coincidieron, de nuevo, con los obtenidos por López y Arellano (1997) que observaron que en los ejercicios analíticos de nado crol con un brazo y respiración por el lado ejecutor la rotación máxima de hombros fue de  $12^{\circ}$ - $19^{\circ}$  muy distantes de los  $50^{\circ}$  a los que se aproximaban el resto de las ejecuciones completas y analíticas con respiración por el lado no ejecutor. La coincidencia en los resultados de ambos estudios a pesar de la utilización de muestras diferentes y metodología también diferente nos hace pensar en la probable consistencia de estos resultados.

Esta considerable reducción de la rotación en el ejercicio Bext.Rejec. pensamos que pudo ser debida a la posición en la que se encuentra el brazo no ejecutor (se mantiene extendido delante de la cabeza) la cual limita la posibilidad de rotar el cuerpo hacia el lado ejecutor, ya que una mayor rotación provocaría la elevación del brazo y hombro inmóvil sobre la superficie del agua, posición que sería muy difícil de mantener, a lo cual se une el hecho de que no se realice en este momento la respiración al lado contrario, no existiendo por tanto necesidad de rotar más. En el caso del ejercicio Bflex.Rejec. la posición del brazo no ejecutor no limita tanto la acción de rotación (se encuentra junto al cuerpo), pero el hecho de no respirar al lado contrario sí reduce su necesidad de rotar más, por eso pensamos que las diferencias son algo más reducidas.

Al final del movimiento hacia dentro, y teniendo en cuenta que durante esa acción el tronco efectúa una rotación progresiva al lado contrario (Payton y cols., 1997,1999); (Liu y cols. 1993) tiene que existir una reducción en los valores de rotación de hombros, y pudimos comprobar que, efectivamente, así ocurrió en todos los ejercicios, sin embargo esta rotación continuó siendo inferior en el ejercicio Bflex.Rejec, que alcanzó precipitadamente la horizontal (entre  $1^{\circ}$  y  $5^{\circ}$ ) con una diferencia de alrededor de  $30^{\circ}$  con el resto de los ejercicios, y superó la horizontal (entre  $-10^{\circ}$  y  $-15^{\circ}$ ), encontrándose los hombros rotados hacia el lado no ejecutor, en el ejercicio Bext.Rejec. con una diferencia de aproximadamente  $40^{\circ}$  en relación al resto.

Igualmente, en el momento final de la tracción, la rotación máxima de hombros hacia el lado no ejecutor, fue diferente en los ejercicios con un solo brazo y respiración por el lado ejecutor en relación con el resto de los ejercicios, pero en este caso por obtener valores superiores, aproximadamente unos 15° más de inclinación al lado no ejecutor, de nuevo debido a la posición de apoyo sobre el lado no ejecutor, favorecida por la acción de respiración en este momento por el lado del brazo que finaliza la acción propulsiva.

En este momento final de la tracción, las diferencias aparecidas en los ejercicios de crol con coordinación completa, entre las ejecuciones realizadas con el brazo contralateral a la respiración, con -51° de rotación y las ejecuciones realizadas con el brazo homolateral a la respiración, con -61° y -62° de rotación, fueron debidas a la compensación de la situación inversa aparecida en el momento de máxima rotación de hombros, donde las primeras mostraron ángulos superiores (69°) y las segundas inferiores (57° y 59°), y exactamente con la misma diferencia (10-12°) lo cual es lógico si entendemos que la coordinación del nado crol completo hace que coincida la máxima rotación de hombros en un brazo con la rotación de hombros al final de la tracción del contrario.

Por último, en cuanto al rango total de rotación, destacar que entre los ejercicios realizados a nado completo (NRdom, NRnodom y NSR), no se produjeron diferencias, e igualmente, que el ejercicio ejecutado con un solo brazo y respiración por el lado no ejecutor (Bflex.Rnoejec) tampoco mostró diferencias con los anteriores, lo cual hace pensar en la similitud de la ejecución entre ellos, tal y como se observa en el estudio de López y Arellano (1997). Siendo, por el contrario, destacables las diferencias mostradas por los ejercicios realizados con un solo brazo y respiración por el lado ejecutor.

La variable ángulo de flexión de codo, no presentó, en la primera investigación, resultados susceptibles de discusión, mostrando registros similares en todas las acciones técnicas realizadas.

En la segunda investigación, sin embargo, se observaron claras diferencias entre las acciones del brazo derecho frente a las acciones del brazo izquierdo, con diferencias de unos 20° (ver tablas 3.2.13 y 3.2.14) este comportamiento se repitió en todas la

variantes técnicas, a excepción del ejercicio con un brazo manteniendo el brazo no ejecutor extendido, que mantuvo similar ángulo de flexión en ambos brazos, siendo comparable al obtenido con el brazo derecho en el resto de los ejercicios. Estos datos no coinciden con los obtenidos por Payton y cols. (1999) que muestran sólo 2° de diferencia en la flexión de codo al final del movimiento hacia dentro (momento en que se alcanza la máxima flexión de codo).

Este hecho podría deberse al predominio del brazo derecho como brazo dominante en los nadadores de nuestro estudio, y su mayor flexión en todos los ejercicios sea la consecuencia de la posibilidad de aplicar más fuerza con el brazo derecho en una posición más acorde con el modelo técnico de unos 90° de flexión de codo, a lo que hay que añadir la menor habilidad del brazo no dominante y la reducción del control visual del brazo de no respiración habitualmente.

En relación las variables temporales relacionadas con las variables goniométricas (momento de máxima flexión del codo y momento de máxima rotación de hombros), señalar que en ninguna de las dos variables aparecieron diferencias entre las distintas acciones técnicas. Alcanzándose la máxima flexión de codo entre el 70%-79% de la tracción y la máxima rotación alrededor del 50% de la tracción. Aunque debemos tener en cuenta que las desviaciones típicas son elevadas, con lo que creemos que es aplicable sólo a nuestra muestra.

#### **4.3.- Variables espaciales.**

Con el fin de analizar la trayectoria acuática de la brazada, se obtuvieron las trayectorias de los movimientos realizados por la mano en los tres planos del espacio a lo largo de su recorrido durante la fase de tracción. Los datos, por tanto, proporcionaron información (expresada en metros) de la distancia recorrida por la mano a lo largo del eje X (**D.Long**) que describe la distancia del movimiento de la mano de delante hacia atrás; a lo largo del eje Z (**D.Trans**) que describe la distancia del movimiento medio-lateral de la mano y a lo largo del eje Y (**D.Sag**) que describe la distancia del movimiento de la mano desde la superficie del agua hasta el punto de máxima profundidad.

En este estudio, no se encontraron diferencias significativas en la distancia recorrida por la mano en el eje X, esto es, desde el punto más adelantado al más atrasado de la tracción, estando sus medias, en todos los casos entre 0.62m y 0.68m.

Igualmente, la distancia recorrida por la mano en el eje Z, que indica el desplazamiento medio-lateral de la mano, no mostró diferencias entre las distintas ejecuciones realizadas y sus valores medios se mantuvieron entre 0.39m y 0.48m. En este aspecto hay que considerar que se midió la distancia de la trayectoria en el eje Z, es decir, la distancia entre el punto más medial y el más lateral del recorrido de la mano, el cual es realizado por la interacción de movimientos articulares de muñeca, codo, hombro y rotación de hombros, de los cuales en este caso sólo se han analizado dos, rotación de hombros y flexión de codo.

En tercer lugar la distancia recorrida por la mano en el eje Y, que indica la profundidad del movimiento de la mano durante la tracción, apareció con medias claramente superiores para los ejercicios realizados a nado completo así como para el ejercicio realizado con un solo brazo y con respiración por el lado no ejecutor (Bflex.Rnoejec) que obtuvieron una profundidad media superior a 0.72m, con la única excepción del ejercicio realizado a crol sin respirar en la ejecución del brazo izquierdo que redujo la profundidad media de su trayectoria a 0.68m quizás debido a la ausencia de respiración hacia el lado contrario y la consecuente disminución de la rotación hacia ese lado, a lo que hay que añadir el predominio del brazo izquierdo como brazo no dominante en los sujetos de nuestro estudio. Resultados que, básicamente, coinciden con los estudios de Payton y cols. (1999) donde no encontraron diferencias ni en el desplazamiento medio-lateral ni en la profundidad de la brazada entre el nado crol con respiración y sin respiración.

Así mismo, Schleihauf (1988) analizó las trayectorias propulsivas de nadadores de alto nivel, y sus resultados se concretaron en profundidad media de  $0.69 \pm 0.8m$ , anchura media de  $0.37 \pm 0.8m$  y longitud media de  $0.65 \pm 0.9m$ , próximos a los  $0.75 \pm 0.2m$ ,  $0.44 \pm 0.2$ , y  $0.65 \pm 0.2m$  respectivamente obtenidos en nuestro estudio.

Los ejercicios realizados con un solo brazo con respiración por el lado ejecutor, presentaron valores medios en la distancia recorrida por la mano en el eje Y de 0.61m



cuando el brazo contrario se mantiene extendido delante de la cabeza, y de 0.65m cuando brazo no ejecutor se mantuvo flexionado junto al tronco. Esta reducción en la profundidad de la trayectoria detectada en los ejercicios analíticos con respiración por el lado ejecutor, podría deberse a la menor rotación sobre el eje longitudinal del cuerpo que presentaron estos ejercicios hacia el lado del brazo ejecutor, tal como se comprobó en el primer estudio, que confirman que en estos ejercicios analíticos la rotación del tronco hacia el lado ejecutor se ve notablemente reducida, con lo cual pensamos que se limita la posibilidad de que la mano alcance más profundidad en su recorrido acuático, ya que la menor rotación hacia el lado ejecutor supone mantener el hombro más próximo a la superficie, reduciendo la profundidad del brazo y la mano. Es significativo comprobar que los ejercicios analíticos con respiración al lado ejecutor modificaron la profundidad de la trayectoria.

En cambio no hemos observado en el presente estudio que esa reducción en la rotación, observada en los ejercicios analíticos con respiración al lado ejecutor, provoque cambios en el recorrido de la mano en los planos longitudinal o transversal, cuando parece posible que al reducirse la rotación sobre el eje longitudinal también se viera afectado el recorrido medio-lateral de la mano. Pensamos que lo que realmente ocurre es que el nadador mantiene en estos ejercicios la distancia de movimiento en el eje Z por el movimiento relativo del brazo en relación al tronco, pero no realiza la tracción bajo el cuerpo, sino en una posición lateral, por no existir rotación de tronco como se vio en el apartado anterior.

Liu y cols. (1993) en su estudio, trataron de determinar la influencia de la rotación de tronco y el movimiento del brazo relativo al tronco en la componente medio-lateral de la trayectoria de la mano durante el movimiento hacia dentro en la tracción de crol, obteniendo que esta influencia es de aproximadamente el 50% para cada uno cuando las trayectorias obtenidas se corresponden con los modelos técnicos aceptados. Sin embargo, ante la ausencia de rotación de tronco, situación existente en el ejercicio analítico con el brazo no ejecutor extendido delante de la cabeza, la acción se realiza exclusivamente con el movimiento del brazo relativo al tronco, separándose la mano primero de la línea media del cuerpo (se mantiene alejada durante el movimiento hacia dentro) y aproximándose la mano de nuevo a la línea media al final de la tracción, con lo cual la acción se realiza “al lado” del cuerpo y no por debajo del mismo.

La figura 4.2 muestra, según Liu y cols. (1993), las trayectorias seguidas por la mano en una visión frontal en diferentes condiciones de rotación de tronco y movimiento del brazo relativo al tronco.

#### **4.4.- Variables relativas a las velocidades.**

El análisis de la velocidad instantánea al final de cada una de las fases de la tracción muestra que no se produjeron diferencias notables en la velocidad que la mano desarrolla en las sucesivas fases al ejecutar las distintas variaciones técnicas. Tan sólo se observa una tendencia a destacar en el nado sin respirar (NSR) por ser el ejercicio en el que se alcanzan mayores velocidades en algunas de las fases, concretamente en la entrada y extensión, al final del movimiento hacia dentro y al final del movimiento ascendente, como se observa en la tabla 3.2.22.

Sin embargo, y a pesar de esta ausencia de diferencias significativas, sí podemos observar que generalmente los ejercicios analíticos mostraron registros de velocidad instantánea ligeramente inferiores a los obtenidos en los ejercicios realizados a nado completo con respiración, particularmente en la velocidad ascendente final ( $V_4$ ).

Observando las tablas 3.2.22 y 3.2.23, donde se exponen los datos descriptivos de estas variables, podemos destacar que se produjo un incremento de la velocidad a lo largo de la tracción, ya que la velocidad en el primer movimiento (entrada y extensión) es inferior en todos los casos a la velocidad alcanzada en la última acción (movimiento ascendente) lo cual es indicativo de una velocidad creciente tal como indica Schleihau (1974) cuando afirma que los buenos nadadores aparentemente aceleran sus movimientos durante el desarrollo de la brazada y que esto es un efecto importante que

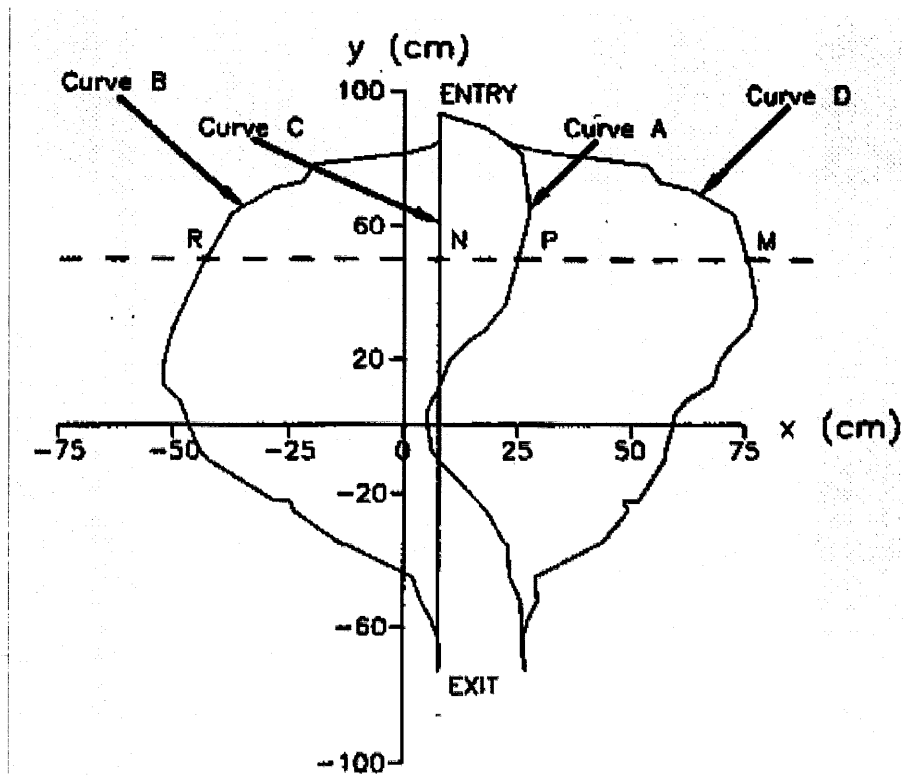


Figura 4.2. Trayectorias seguidas por la mano en una visión frontal en diferentes condiciones de rotación de tronco y movimiento del brazo relativo al tronco. Según Liu, Q., Hay, J. and Andrews, J (1993). Siendo Curva A obtenida por la acción de rotación de tronco y movimiento del brazo con relación al tronco, Curva B obtenida por la acción exclusiva de rotación de tronco, Curva C es la línea media del cuerpo y Curva D obtenida por la acción exclusiva del movimiento del brazo con relación al tronco.

mejora el rendimiento. En la misma línea Counsilman y Wasilak (1982) investigaron la relación entre la velocidad de las extremidades y el centro de gravedad del nadador. Coincidiendo en que los mejores nadadores aceleraban sus manos desde el principio hasta el final de sus brazadas subacuáticas, pero considerado los desplazamientos de la mano con relación al cuerpo del nadador, no con relación a un sistema externo estático.

Posteriormente Schleihauf (1984), analizó la velocidad de desplazamiento de la mano en el espacio con relación a un sistema de referencia externo, comprobó que este incremento de velocidad de la mano a lo largo de la tracción era exacto, pero demasiado simplificado. Concluyó que los nadadores no aceleraban sus manos de forma regular desde el principio hasta el final, sino que la velocidad de la mano se aceleraba por impulsos, decreciendo e incrementando con cada cambio importante de dirección en la brazada.

En este aspecto coinciden los resultados de nuestro estudio, pues como podemos ver en las tablas 3.2.22 y 3.2.23, en todos los ejercicios la velocidad de la mano, desde la entrada y extensión (primer registro medido) va aumentando durante la acción de movimiento hacia abajo (segundo registro medido) para reducir su velocidad al final del movimiento hacia dentro (tercer registro medido), momento en que se produce un cambio importante en la dirección del movimiento de la mano, que pasa de hacer un desplazamiento hacia dentro y arriba a comenzar la fase de movimiento ascendente con un desplazamiento hacia fuera y atrás, y por tanto, se reduce la velocidad de la mano para posteriormente incrementarla de nuevo en la siguiente fase, de movimiento ascendente.

Se observó por tanto que, independientemente del ejercicio, los valores máximos de velocidad de la mano aparecieron en la última fase propulsiva ( $T_4$ ), siendo los patrones de velocidad interfases muy similares en todos los casos. El ejercicio de nado a crol completo sin respiración (NSR) es el único que modificó significativamente la velocidad de la mano en relación con los otros ejercicios, siendo ésta superior en todas las fases.

Costill y cols. (1994) describió el comportamiento de la velocidad de la mano de un nadador de velocidad, indicando que el nadador acelera la velocidad de la mano durante el primer movimiento propulsivo (hacia dentro) hasta 4m/s, y se desacelera ligeramente, hasta 3.4m/s durante la transición al siguiente movimiento propulsor, finalmente la mano se acelera de nuevo hasta una velocidad máxima de 6m/s durante esta última fase (movimiento ascendente), sigue por tanto un patrón similar al descrito en nuestro estudio, si bien las velocidades son mucho más inferiores teniendo en cuenta que nuestros nadadores no son de alto nivel.

La variable máxima velocidad alcanzada por la mano, apareció en las ejecuciones del nado sin respiración cuya acción con el brazo izquierdo alcanza 4.4m/s. Los ejercicios analíticos desarrollaron picos de velocidad algo inferiores, no alcanzando los 3.4m/s como se puede comprobar en la tabla 3.2.27. El momento en que aparece la máxima velocidad de la mano en la tracción se obtuvo en todos los ejercicios en el último tercio de la tracción, esto es, durante el movimiento ascendente, poco antes de que la mano comenzara a reducir de nuevo la velocidad al finalizar el recorrido acuático de la brazada y disponerse a iniciar el recobro. En nuestro estudio este momento supera siempre el 80% de la tracción, lo que se corresponde con lo citado en la literatura.

Por último, haciendo referencia a la velocidad media de desplazamiento del cuerpo, se observa en la tabla 3.2.29 que el nado sin respiración es el que desarrolló mayor velocidad media de desplazamiento del cuerpo, ya que como se ha visto anteriormente, es el ejercicio que presenta también mayores velocidades de la mano a lo largo de la tracción, y siguiendo las referencias de otros autores (Miyashita, 1971; Costill, 1994; Schleihau, 1984) la velocidad de desplazamiento se corresponde muy ajustadamente con los patrones de velocidad de las manos.

Del mismo modo, la velocidad media en los ejercicios realizados a crol con respiración fue ligeramente inferior a la alcanzada en el nado sin respirar (ver tabla 3.2.29). Y finalmente, los ejercicios analíticos fueron los que mostraron más bajas velocidades medias, diferencias predecibles ya que tenemos que tener en cuenta que los ejercicios analíticos, al realizarse con un solo brazo, no produjeron la misma continuidad en la aplicación de las fuerzas propulsivas.

Si se observan los datos de los ejercicios ejecutados con un solo brazo, vemos que los que mostraron mayor velocidad media de desplazamiento fueron los realizados con el brazo contrario extendido delante, lo cual es lógico teniendo en cuenta que los ejercicios con brazo no ejecutor flexionado junto al cuerpo mantienen una posición de mayor resistencia al avance que limitó la eficacia de la propulsión generada por el brazo que traccionaba.



## 5.- CONCLUSIONES.

Los resultados del presente estudio nos han permitido establecer las siguientes conclusiones:

1. La utilización por primera vez en nuestro país del análisis fotogramétrico tridimensional usando los algoritmos DLT para el estudio las trayectorias propulsivas en la natación estilo crol nos ha permitido comprobar la idoneidad de esta metodología para este tipo de investigaciones.
2. En nuestro trabajo, las técnicas fotogramétricas bidimensionales han sido las más adecuadas para el análisis de las variables relacionadas con la rotación del tronco, mientras que las técnicas fotogramétricas tridimensionales han sido las óptimas para el análisis de las variables temporales, espaciales y las relativas a las velocidades de las manos.
3. Las diferencias en el tiempo total de tracción fueron producidas fundamentalmente por la disminución o incremento del tiempo de las fases movimiento hacia abajo y movimiento hacia arriba.
4. Nadar el estilo crol utilizando un solo brazo y respirando por el lado contrario al brazo ejecutor modifica tanto la uniformidad propulsiva como la resistencia ofrecida por el tronco y el brazo estático, lo que hace que la duración total de la tracción se incremente con relación a las demás variaciones técnicas.
5. La realización del giro respiratorio incrementó significativamente la rotación del tronco (aproximadamente  $10^{\circ}$ ) cuando se realizó el estilo completo, independientemente del lado de la respiración.
6. Nadar crol con un brazo, manteniendo el brazo contrario al de respiración extendido delante, modificó la rotación longitudinal del tronco, siendo ésta aproximadamente 5 veces menor en este ejercicio con relación a las otras formas de

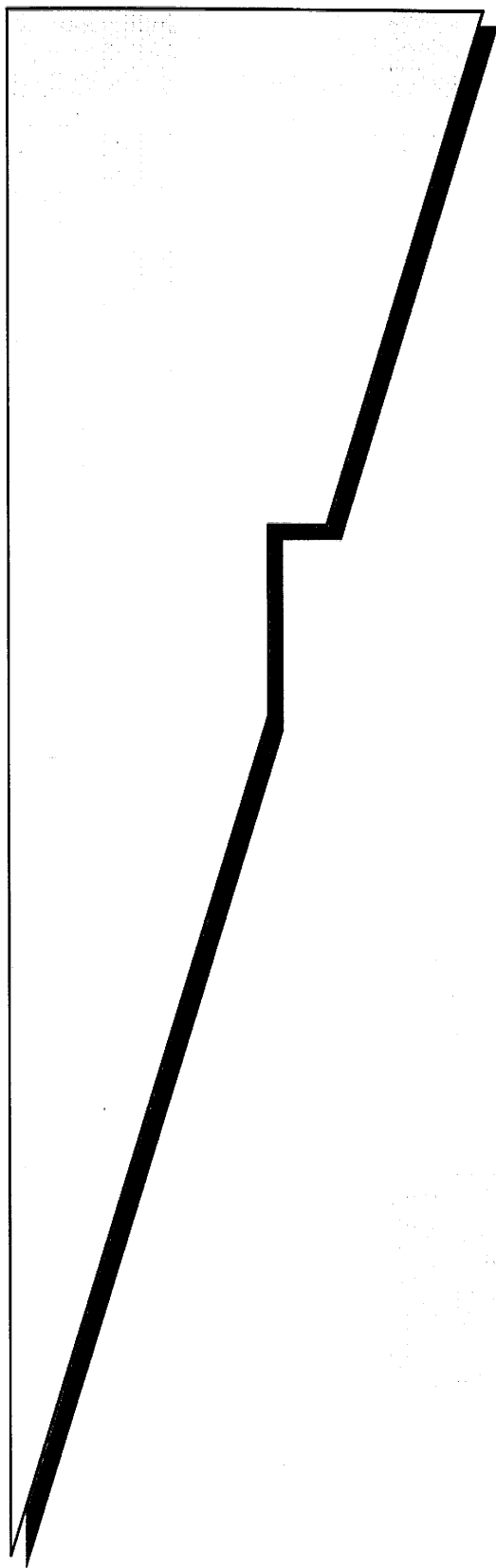


ejecutar el estilo crol completo. Una situación similar se produce cuando el brazo estático se mantiene junto al cuerpo respirando por el lado ejecutor, aunque la disminución de la rotación es aproximadamente la mitad.

7. La menor rotación longitudinal del tronco obtenida al realizar los ejercicios con un brazo extendido delante, se vio reflejada también en los siguientes instantes de la trayectoria propulsiva: momento de máxima flexión del codo y momento final de la tracción. El rango total de rotación se vio disminuido igualmente por esta circunstancia
8. El ejercicio analítico realizado con un brazo manteniendo el brazo no ejecutor junto al cuerpo y respirando por el lado contrario, es en el que se obtuvieron valores similares a los de nado completo en lo referente a la rotación longitudinal del tronco.
9. La ejecución de diferentes elementos técnicos, en este estudio, no modificó las distancias recorridas por las manos en el eje X ni en el eje Z, aunque sí su situación espacial en relación al plano sagital del cuerpo.
10. La trayectoria recorrida por la mano en el eje Y (profundidad alcanzada por la mano) fue más reducida en los ejercicios analíticos con respiración al lado ejecutor, independientemente de la colocación del brazo no ejecutor extendida o flexionada, lo cual indica que de nuevo el ejercicio analítico con respiración al lado contrario es el más próximo a las ejecuciones de nado completo.
11. Todos los ejercicios con un brazo fueron significativamente más lentos que el estilo completo, particularmente los realizados con un brazo junto al cuerpo, lo que se relaciona con las diferencias de resistencia medidas por otros autores.
12. Los picos de velocidad máxima de la mano aparecieron alrededor del 90% del tiempo total de la tracción, no afectando el tipo de ejercicio significativamente al momento del mencionado pico. En cualquier caso, los valores de velocidad máxima tendieron a ser menores cuando se nadó con un brazo en relación al estilo completo.

13. En cuanto a la aplicación al entrenamiento, hemos observado que los ejercicios analíticos con respiración al lado ejecutor modificaron tanto la situación natural del estilo crol que no recomendamos su utilización habitual en el programa de ejercicios de asimilación técnica sin estricto control de los efectos de los mismos.



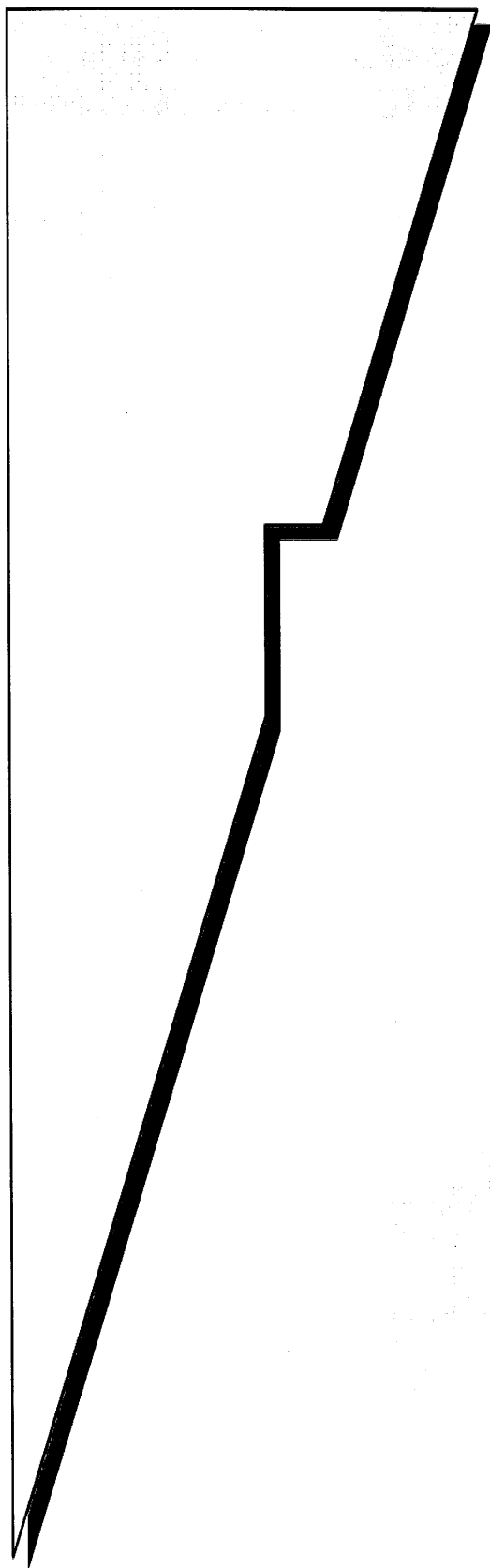


## PERSPECTIVAS DE FUTURO

## **6.- PERSPECTIVAS DE FUTURO**

Los sofisticados métodos fotogramétricos tridimensionales utilizados en nuestro estudio sientan las bases para desarrollar en el futuro otras investigaciones como las que planteamos a continuación.

1. Relacionar los valores cinemáticos de la trayectoria propulsiva con registros de velocidad intraciclo corporal.
2. Análisis cinemático de los distintos segmentos corporales sobre y bajo el agua (con cuatro cámaras) con el fin de obtener registros de la ejecución técnica completa y del centro de gravedad del cuerpo.
3. Aplicar la metodología al estudio de los otros estilos de natación competitiva.
4. Plantear la utilidad de estas técnicas en el ámbito de natación y salud.



## BIBLIOGRAFIA

## 7.- BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Aziz, Y.J. y Karara, H.M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. *A.S.P. Symposium on close range photogrammetry*. American Society of Photogrammetry: Falls Church.
- Allegrucci, M. Whitney, S. y Irrgang, J.J. (1994) Clinical implications of secondary impingement of the shoulder in freestyle swimmers. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 20 (6) 307-318.
- Arellano, R. (1992). Evaluación de la fuerza propulsiva en natación y su relación con el entrenamiento y la técnica. *Tesis Doctoral*. Servicio de Publicaciones. Universidad de Granada.
- Arellano, R. (2001). La Técnica de la Natación de Competición: Aspectos Básicos. (1 ed.). (Vol. 1). Madrid, España: *Real Federación Española de Natación*.
- Arellano, R. y Pardillo, S. (1990). Aproximación al Análisis Biomecánico Tridimensional aplicado a las Trayectorias propulsivas de los nadadores del equipo nacional participantes en los Campeonatos de Europa 1989. Madrid: *Asociación Nacional de Entrenadores de Natación*.
- Arellano, R. Gavilan, A y Pardillo, S. (1999) A comparison of the underwater undulatory swimming technique in two different body positions. In Keskinen, K. Paavo, V. y Hollander, P. (eds). *Biomechanics and Medicine in Swimming*. University of Jyväskylä. Department of biology of Physical Activity. Jyväskylä.
- Ariel, A. (1994) *The ARIEL Performance Analysis System (APAS)*. Manual de referencia del paquete de software.
- Asmussen, E. y Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiologica Scandinavica*. 91, 385-392.

- Balius, R. (1983). Lesiones de sobrecarga en el aparato locomotor del deportista. *Acta I curso de Medicina del Deporte*. Manresa: Laboratorios PENSA.
- Ball, F. (1980) Levers, action and reaction and turbulence. *Swimming Teacher*. 11, 9-11
- Barthels, K. M. (1979) The Mechanism for Body Propulsion in Swimming. In T.a.Bedingfield (eds.), *Swimming III*. Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press. 45-54.
- Beekman, K.M. y Hay, J.G. (1988) Characteristics of the front crawl techniques of swimmers with shoulder impingment syndrome. *Journal of Swimming Research*. 4 (3), 11-14
- Belokovsky, V. y Ivanchenko, E. (1975) A hidrokintic apparatus for the study and improvement of leg movements in the breaststroke. IN Lewillie, L. y Clarys, J.P. (eds) *Swimming II*. Baltimore, Maryland: University Park Press 64-69
- Benno, M. y Barry, A. (1983). *Biomechanical aspect of sport shoes and playing surfaces*. Augusta: Universidad de Calgary.
- Berger, M, DE Groot, G. y Hollander, A.P. (1995). Hidrodinamic drag and lift forces on human hand/arm models. *Journal of Biomechanics*. Vol.28, 2. 125-133.
- Berger, M, DE Groot, G. y Hollander, A.P. (1997). Influence of hand shape on force generation during swimming. XII FINA World Congress on Sports Medicine.
- Boicev, K. y Tzevetkov, A. (1975). Instrumentation and methods for complex investigations of swimming. *Swimming II*. Baltimore, Maryland: University Park Press. 80-89.
- Bosco, C. (1985). L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. *Athleticastudy*. 1, 7-113.

- Cappaert, J.M. Pease D.L. y Troup, J.P. (1995) Three-dimensional analysis of the men's 100m. Freestyle during the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*. 11 (1) 103-112.
- Clarys, J.P. y Jiskoot, J. (1975). Total resistance of selected body positions in the front crawl. *Swimming II*. 110-117. Baltimore: University Park Press.
- Clermont, M. A. (1978) Arm stroke frequency as a possible index of mechanical efficiency in swimming. Thesis (M.S.) Microform Publications, International Institute for Sport and Human Performance, University of Oregon, Eugene, OR.
- Cole, A.J. y Eagleston, R.A. (1994) Spine injuries in competitive swimmers. *Sport Medicine Digest*. 16 (3) 1-3.
- Colwin, C. (1984) Fluid dynamics: vortex circulation in swimming propulsion. *In ASCA Yearbook*. Fort Luderdale, FL. American Swimming Coaches Association. pp 38-46
- Colwin, C. (1985) Essential fluid dynamics in swimming. *ASCA Newsletter*. Pp5-8
- Contini, R. y Drillis, R. (1954). Biomechanics. *Applied Mechanics Reviews*. 7, 49-52.
- Costill, D. L, Maglischo, E. W, y Richardson, A. B. (1992). *Swimming*. (1 ed.). Oxford: Blackwell Scientific Publications Ltd.
- Costill, D.L, Maglischo, E. W. y Richardson, A.B. (1994). *Natación*. Hispano Europea, ed. Barcelona.
- Counsilman, J.E. y Wasilak, J. (1982) The importance of hand speed and hand acceleration. In Ousley,R.M. (ed). 1981 *ASCA World Clinic Yearbook*. Fort Lauderdale, Florida: American Swimming Coaches Association. 41-55



- Counsilman, J.E. (1968). *The Cience of Swimming*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall.
- Counsilman, J.E. (1977). *Competitive Swimming. Manual for Coaches and Swimmers*. Bloomington, Indiana: Counsilman, Inc.
- Curry, I. J. (1975) Stroke length, stroke frequency and performance. *Swimming-technique*-12(3), Fall 1975, 88; 91
- Chatard, J.C. Collomp, C. Maglischo, E y Maglischo, C. (1990) Swimming skill and stroking characteristics of front crawl swimmers. *International Journal of Sports Medicine*. 11, 156-161.
- Dal Monte, A. (1971). Presenting an apparatus for motion picture, television and scan shots of the movement of swimming. *First International Symposium on Biomechanics in Swimming*. 127-128. Université Libre de Bruxelles. Belgium.
- Daly, J. (1984). An Individually Appropriate Pattern per Distance for Women Competitive Crawl Swimmers. , Leuven.
- Dapena, J. y McDonald, C. (1989). A three-dimensional analysis of angular momentum in the hammer throw. *Medicine and Science in sports and exercise*. 21,2, 206-220.
- Dapena, J. (1978). A method to determine the angular momentum of a human body about three orthogonal axes passing throught its center of gravity. *Journal of Biomechanics*. 11, 151-256.
- D'Acquisto, L.J. Costill, D.L. Gehlsen, G.M. y Wong-tai (1988) Breaststroke economy, skill, and performance: study of breaststroke mechanics using a computer based "velocity-video" system. *Journal Swimming Research*. Vol.4, N°2 9-13.

- D'Acquisto, L.J. y Costill, D.L (1998) Relationship between intracyclic body velocity fluctuations, power and sprint breaststroke performance. *Journal Swimming Research*. Vol.13, 8-14.
- De Leva (1996) Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of Biomechanics*. 29, 9 1223-1230.
- Di Jian (1991) Wind tunnel test on fluid dynamic characteristics of paddles for swimming training. *Sports Science*. 11 (4) 43-46.
- Dufour, A.B. Pagès, M y monteil, K. (1997) L'analyse de la variance: une methode pour etudier la vitesse de la main en crawl. Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique de Lyon. France
- East, D.J. (1970) Swimming: an analysis of stroke frequency, stroke length and performance. *Journal of health, physical education and recreation*. 3(3), 16-27
- Fidelus, K. (1982). Aprovechamiento de la biomecánica para el análisis de la eficacia del entrenamiento en fútbol. *Revista del Entrenador Español*, 16, Abril 1983. (Traducción al español de Sport Wyczynowy. 11, 3-10).
- Firby, H. (1975). On Swimming. London: Pelham Books.
- Franco, P y Navarro, F. (1980) *Natación:habilidades acuáticas para todas las edades*. Barcelona. Ed. Hispano Europea.
- Fung, Y.C. (1968). Biomechanics: Its scope, history, and some problems of continuum mechanics in physiology. *Applied Mechanics Reviews*. 21, 1-20.
- Gianikellis, K y Gutiérrez, M (1998). Estado actual de conocimiento de las técnicas de tratamiento de los datos posición-tiempo en el campo de la biomecánica del aparato locomotor. *Motricidad*. 4, 7-25

- Gosálvez, M y Joven, A (1998) *Natación y sus especialidades deportivas*. Ministerio de Educación y Cultura. CSD. Madrid.
- Gracovetsky, S. (1985). An Hypothesis for the role of the spine in human locomotion: A challenge to current thinking. *Journal of Biomedical Engineering*. 7,3, 205-216
- Groot, G, de y Van Ingen Schenau, G.J. (1988) Fundamental mechanics applied to swimming: technique and propelling efficiency. *Swimming Science V*. 17-29. Human Kinetics Publishers, Champaign.
- Gutiérrez, M. (1998). *Biomecánica deportiva*. Ed. Sítesis. Madrid.
- Gutiérrez, M, Oña, A y Santamaría, J. (1988). Hacia una epistemología motriz como resultado de la aproximación científica al estudio del movimiento humano. *Motricidad*. 1, 7-17.
- Gutiérrez, M. (1990). Desarrollo de un sistema computarizado de análisis cinematográfico y su sincronización con los registros directos para el análisis del movimiento humano. *Tesis Doctoral*. Servicio de publicaciones. Universidad de Granada.
- Gutiérrez, M y Martínez, J.A. (2000) Método matemático para la sincronización de las cámaras mediante utilización de algoritmos DLT. *Biomecánica. Edición Ibérica*. 7,13 65-72.
- Haljand, R. (1984). A New Scientific Approach to Analyzing Swimming Technique. In J. L. Cramer (Ed.), *How to Develop Olympic Level Swimmers - Scientific and Practical Foundations* (pp. 70-105). Helsinki: International Sports Media.
- Hart, I. (1963). *The mechanical investigations of Leonardo da Vinci*. Berkeley: University of California.
- Hatze, H. (1974). Letter: The meaning of the term biomechanics. *Journal of Biomechanics*. 7, 189-190.

- Hatze (1990) Data Conditioning and differentiation techniques. *Biomechanics of Human Movement: applications in rehabilitation, sports and ergonomics*. In Berme, N y Coppozzo, A (eds) Bertec Corporation, Worthington. Ohio. 237-248.
- Hay, J.G. y Thayer, A. M. (1989) Flow visualization of competitive swimming techniques: the tufts method. *Journal of biomechanics*. 22, 11-19.
- Hay, J.G. (1980). *Biomecanique des techniques sportives*. París: Vigot
- Hay, J.G. Liu, Q, y Andrews, J.G. (1993) Body roll and handpath in freestyle swimming: a computer simulation study. *Journal of Applied Biomechanics*. 9, 227-237.
- Hay, J.G, Wilson, B.D, Dapena, J. y Woodworth, G.G. (1977). A computational technique to determine the angular momentum of a human body. *Journal of Biomechanics*. 10, 269-277.
- Hay, J.G. (1986) The status of research on the biomechanics of swimming. In Hay, J.G. (ed) *Starting, stroking and turning*. Iowa City. Biomechanics Laboratory, University of Iowa. pp 201-210
- Hoecke, G y Gruendler, G (1974) Use of light trace photography in teaching swimming. *International symposium on biomechanics in swimming*, 2d, Brussels, Baltimore, University Park Press, p. 194-206
- Hollander, A.P, Groot, G, de, Van Ingen Schenau, G.J, Kahman, R. y Toussaint, H.M. (1987) Contribution of the legs to propulsion in front crawl swimming. *Swimming Science V*. 39-43. Human Kinetics Publishers, Champaign.
- Jahnig, W. (1987). Grundlegende strukturelle Betrachtungen. In Hochschullehrbuch (Ed.), Sport Schwimmen (pp. 74-86). Berlin: Sportverlag Berlin.

- Jane, M , Cappaert, David L. Pease, and John P. Troup (1995) Three-Dimensional Analysis of the Men's 100m. Freestyle During the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*. 1995. Vol.11, 103-112.
- Kent. M.R. y Atha,J. (1975). A device for the on-line measurement of instantaneous swimming velocity. . *Swimming II*. 58-63. Baltimore: University Park Press.
- Kippenhan, C. y Hay, J.G. (1994) Body roll and breathing action in skilled and unskilled front crawl swimmers. Communication to the 18<sup>th</sup> Annual American Society of Biomechanics meeting, Columbus, Ohio.
- Koigerov, S.V. (1978) Mobile equipment for video analysis of swimming technique both above and under the water. *Teoriya: Praktika Fizcheskoi Kultury*. 12, 65-66.
- Komi, P.V. y Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 10, 4, 261-265.
- Kreighbaum, E. y Barthels, K.M. (1981). *Biomechanics: A qualitative approach for studying human movement*. Minnesota: Burgess Publishing Company.
- Krueger,F. (1973) Analysis of kinematic parameters during competitive backstroke swimming. In Nelson, R.C. and Morehouse, C.A. (ed.), *Biomechanics IV*, Baltimore, University Park Press, p. 208-216
- Lewin, G. (1983) *Natación*. Madrid. Ed. Pila Teleña
- Lighthill, J. (1986) An Informal Introduction to Theoretical Fluid Mechanics. *Clarendon Press*. Oxford.
- Lindholm, L.E. (1974). An opto-electronic instrument for remote on-line movement monitoring. *Biomechanics IV*. Baltimore: University Park Press.

- Lissner, H. (1967). Biomechanics-What is it?. *Biomechanics monograph*. New York: American Society of Mechanical Engineers.
- Liu, Q. , Hay, J.G. y Andrews, J.G. (1993) Body roll and handpath in freestyle swimming: an experimental study. *Journal of Applied Biomechanics*. 9, 238-253.
- López, G. y Arellano, R. (1997) Análisis del movimiento de la Columna Vertebral y su relación con la técnica de natación. *5º Congreso de Actividades Acuáticas*. SEAE. Barcelona.
- López, G. y Arellano, R. (1998) Incidencia de la rotación en los ejercicios de crol sobre la Columna Vertebral. *Congreso Internacional de Columna Vertebral y Medio Acuático*. Real Federación Española de Natación. Aranjuez.
- Luedtke, D. (1986) Backstroke biomechanics. In Johnston, Woolger y Scheider (eds) *1985 ASCA World Clinic Yearbook*. Fort Lauderdale, Florida: American Swimming Coaches Association. 95.
- Maglischo, C. (1991). Biomechanics Software for the Analysis of Sports Skills. Paper presented at the Teaching Kinesiology and Biomechanics in Sports, Ames, Iowa.
- Maglischo, C.W, Maglischo, E.W, Higgins, J. (1986) Sprint freestyle biomechanics. In Johnston, Woolger y Scheider (eds) *1985 ASCA World Clinic Yearbook*. Fort Lauderdale, Florida: American Swimming Coaches Association. 1-14.
- Maglischo, E. W. (1982). *Swimming Faster*. (1 ed.). California State University, Chico: Mayfield Publishing Company.
- Maglischo, E. W. (1984). A 3-dimensional cinematographical analysis of competitive swimming strokes. In Johnston, T, Woolger, J.y Scheider, D. (eds) *1983 ASCA World Clinic Yearbook*. Fort Lauderdale, Florida: American Swimming Coaches Association. Pp 1-14

- Maglischo, E. W. (1990). *Nadar más rápido*. Hispano Europea. Barcelona.
- Malone, K. N. (1992) The effect of body position on spinal cord injured swimmers. *Microform Publications*. College of Human Development and Performance. University of Oregon.
- Martín, B. (1989). Swimming: Forces on Aquatic Animals and Humans. In C.L. Vaughan. *Biomechanics of Sport*. 33-51 Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.
- McIntyre, D.R. y Hay, J.G. (1975). Dual media cinematography. *Swimming II*. 51-57. Baltimore: University Park Press.
- Mitchelson, D.L. (1973). An opto-electronic technique pro analysis of angular movements. *Biomechanics III*. Baltimore: University Park Press.
- Mitchelson, D.L. (1975). Recording of movement without photography. *Techniques for the analysis of human movement*. Princeton: Princeton Book Company, Publishers.
- Miyashita, M. (1971) Analysis of fluctuations of swimming speed. *In Biomechanics in swimming, waterpolo, and diving*. Université libre de Bruxelles, Laboratoire de l'effort, p. 53-58
- Monteil, H.M. Rouard, A.H. Dufour, A y Troup, J. (1993) EMG of the shoulder muscles during an exhaustive front crawl test realised in a flume. *In Abstracts of the International Society of Biomechanics*. XIV Congress. París. Vol II.
- Monteil, H.M. y Rouard A.H. (1994) Free swimming versus paddles swimming in front crawl. *Journal of Human Movement Studies*. 27, 89-99
- Myubridge, E. (1955). *The human Figure in Motion*. New York: Dover Publications.
- Navarro, F. (1978). *Pedagogía de la natación*. Minon. Valladolid

- Navarro, F (1990) *Hacia el dominio de la natación*. Madrid Ed. Gymnos.
- Niklas, A. Ungereschts, B. y Hollander, A.P. (1993) Determination of the active drag in swimming by means of a swimming flume. *In Abstracts of the International Society of Biomechanics*. XIV Congress. París. Vol II.
- Omichi, H. Takamoto, M. y Miyashita M. (1983) Measurement of the waves caused by swimmers. In Hollander, P.A, Huijing, P.A. y de Groot, G. (eds) *Biomechanics and medicine in swimming*. Champaing, Illinois: Human Kinetics, 103-107
- Pai, Y. y Hay, J.G. (1988) A hydrodynamic study of the oscillation motion in swimming. *International Journal of Sport Biomechanics* 4, 21-37
- Payton, C. J, Bartlett, R. M, y Baltzopoulos, V. (1999). The contribution of body roll to hand speed in front crawl swimming - an experimental study. In K. L. Keskinen, P. V. Komi, y A. P. Hollander (Eds.), *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII* (1 ed, Vol. 1, pp. 65-70). JyvasKyla, Finland: Department of Biology of Physical Activity, University of Jyvaskyla.
- Payton, C. J, Bartlett, R. M, Baltzopoulos, V, y Coombs, R. (1999). Upper extremity kinematics and body roll during preferred-side breathing and breath-holding front crawl swimming. *J Sports Sci*, 17(9), 689-696.
- Payton, C.J. Bartlett, R.M. y Baltzopoulos, V. (1998) The contribution of body roll to hand-speed in front crawl swimming. An experimental study. The Manchester Metropolitan University, Alsager, England.
- Payton, C.J. Hay, C.J. y Mullineaux, D.R. (1997) The effect of body roll on hand speed and hand path in front crawl swimming. A simulation study. *Journal of Applied Biomechanics*. 13, 300-315.
- Payton, C.J. y Lauder, M.A. (1995) The Influence of hand paddles on the kinematics of front crawl swimming. *Journal of Human Movement Studies*, 28, 175-192



- Pereda, S (1987) *Psicología Experimental I. Metodología*. Pirámide. Madrid.
- Persyn, U. (1974). *Technisch-hydrodynamische benadering van de bewegende-means-in-het-water*. (1 ed.). Leuven: Pencoprint, Wilsele.
- Persyn, U, Hoeven, R. G. C, y Daly, D. J. (1979). An Evaluation Procedure for Competitive Swimmers. In T. a. Bedingfield (Ed.), *Swimming III - Third Int. Symp. of Biomechanics in Swimming* (1 ed, Vol. 8, pp. 182-198). Baltimore, Maryland (Estados Unidos): University Park Press.
- Persyn, U. Colman, V. y Ungerechts, B. (2000) Diagnosis and advice in the undulating strokes requires information on global body flexibility and upper limb strength.
- Pink, M. Jove, F.W. Perry, J. y Browne, A (1993) The painful shoulder during the butterfly stroke. An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Clinical Orthopaedics and related Research*. Mar-1993, 60-72
- Plagenhoef, S.C. (1962). An analysis of the kinematics and kinetics of selected symmetrical body actions. *Tesis Doctoral*. Universidad de Michigan: University Microfilms.
- Plagenhoeff, S (1971) *Patterns of Human Motion*. Prentice-Hall, Toronto.
- Posse, N. (1890). *The special kinesiology of educational gymnastics*. Boston: Lothrop, Lee y Shepard Company.
- Rasch, P. y Burke, R. (1972). *Kinesiología y Anatomía aplicada*. Barcelona. Ateneo S.A.
- Reischle, K. (1979). *A kinematics investigation of movement patterns in swimming with photo-optical methods*. *Swimming III*. Baltimore, Maryland: University Park Press.
- Reischle, K. (1993). *Biomecánica de la Natación*. (ed. esp) Madrid. Gymnos S.L.

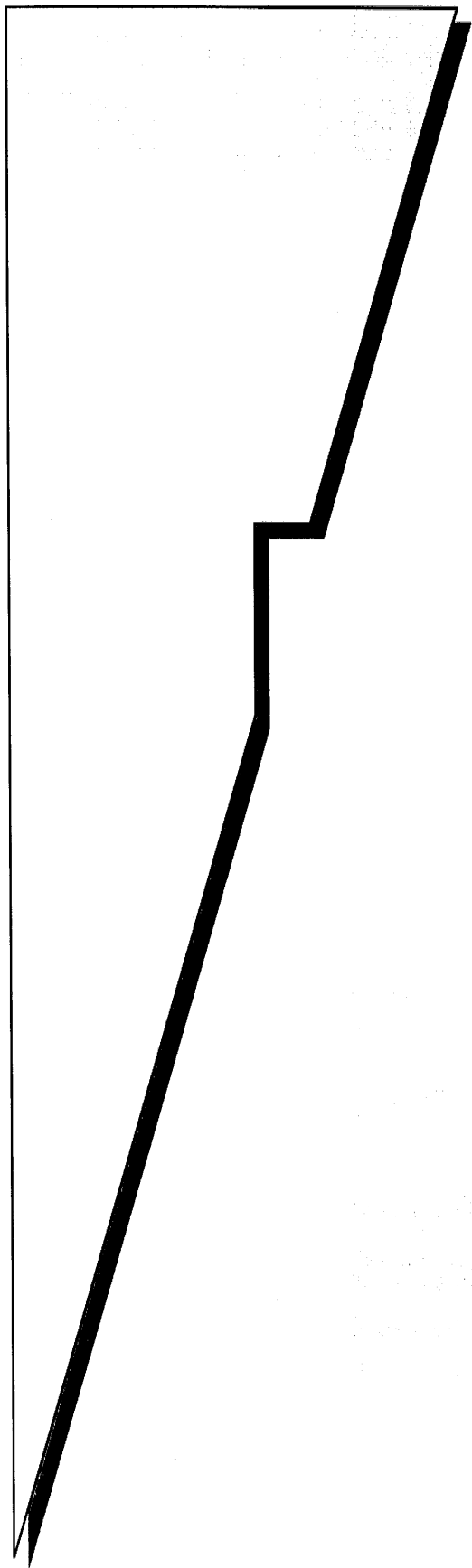
- Remmonds, P y Bartlett, R.M. (1981) Effects of finger separation. *Swimming technique*. N°18 28-30
- Rodano, R. (1990). Estudio Biomecánico del pie. *Sport y Medicine*. 1, 30-35
- Rojas, F.J (1997). Efecto de la oposición sobre los factores biomecánicos del lanzamiento en salto tras la carrera previa en baloncesto. *Tesis Doctoral*. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Granada.
- Ruwe, P. Pink, M y Jobe, F. (1994) The normal and de painful shoulder during the breaststroke. *American Journal of Sport Medicine*. 22 (6) 789-796.
- Sanders, C.L. (1968) Photographic analysis of five methods of free-style swimming. *Thesis (M.S.)* Microform Publications, International Institute for Sport and Human Performance, University of Oregon, Eugene, OR.
- Sanders, R.H, Cappaert, J.M. y Devlin, R.K. (1995) Wave characteristics of butterfly swimming. *Journal of Biomechanics*. 28, 9-16.
- Schleihauf, R.E. (1974). A Biomechanical Analysis of Freestyle. *Swimming Technique*. 11,(3x), 89-96.
- Schleihauf, R.E. (1979). A hidrodynamyc analysis of swimming propulsion. In Terauds, y Bedingfield (eds) *Swimming III*. Baltimore, Maryland: University Park Press. 70-109.
- Schleihauf, R.E. (1984) Biomechanics of swimming propulsion. In Johnston, Woolger y Scheilder.(eds) 1983 ASCA World Clinic Yearbook. Fort Lauderdale, Florida; American Swimming Coaches Association. 1924.

- Schleihauf, R.E, Gray,L. y De Rose, J. (1983). Threedimensional analysis of hand propulsion in the sprint front crawl stroke. In Hollander, Huijing y de Groot (eds) *Biomechanics and Medicine in Swimming*. Champaing, Illinois: Human Kinetics. 173-183.
- Schleihauf, R.E, Higgins, J.R, Hinrichs, R. (1988). Propulsive techniques: front crawl stroke, butterfly, backstroke and breaststroke. In Ungerechts, Wilke y Reischle (eds) *Swimming Science V*. Champaing, Illinois: Human Kinetics. 53-60.
- Skarstrom, W. (1909). *Gymnastic Kinesiology*. Springfield: F.A. Bassette Co.
- Soto, V.M. (1995). Desarrollo de un sistema para el análisis biomecánico tridimensional del deporte y la representación gráfica realista del cuerpo humano. *Tesis Doctoral*. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de Granada.
- Soto, V.M. (1998). Cinemática: descripción del movimiento. *Biomecánica deportiva*. Ed. Sítesis. Madrid. Cap.4 143-194
- Steindler, A. (1935). *Mechanics of normal and pathological locomotion in man*. Springfield: Charles C. Thomas Publisher.
- Takagi, H. y Wilson, B. (1999) Calculating hydrodynamic force by using pressure differences in swimming. In Keskinen, K. Paavo, V. y Hollander, P. (eds).*Biomechanics and Medicine in Swimming*. University of Jyvaskyla. Department of biology of Physical Activity. Jyvaskyla.
- Tortosa, B. (1987). Análisis cinemático tridimensional de imágenes captadas por dos cámaras cinematográficas. Técnicas de Transformación Lineal Directa. *Proyecto fin de carrera*. Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
- Toshimasa, Y. (1998). Mechanics of body roll in front crawl swimming. *XVI International Symposium on Biomechanics in Sports*. In Riehle, H y Vieten, M. (eds). University of Konstanz, Germany.

- Toussaint, H.M. Janssen, T. y Kluft, M. (1991) Effect of propelling surface size on the mechanics and energetics of front crawl swimming. *Journal Biomechanics*. vol.24, N° 3/4 205-211
- Ungerechts, B.E. (1983) A comparison of the movements of the rear parts of dolphin and butterfly swimmers. In Hollander, Huijing y de Groot (eds) *Biomechanics and Medicine in Swimming*. Champaign, Illinois: Human Kinetics. 215/221
- Ungerechts, B.E. (1985) Considerations of the butterfly kick based on hydrodynamical experiments. *Biomechanics: Current Interdisciplinary Research* (edited by Perren, S.M. y Schneider, E.) Martinus Nijhoff Dordrecht, The Netherlands. pp 705-710
- Veldpaus, F.E, Woltring, H.J. y Dortmans, M. G. (1988). A least-squares algorithm for the equiform transformation from spatial marker coordinates. *Journal of Biomechanics*. 21, 1, 45-54.
- Vera, P. y Col. (1989). *El calzado para la carrera urbana. Criterios biomecánicos de diseño*. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia.
- Vera, P. Hoyos, J.V. y Nieto, J. (1985). *Biomecánica del aparato locomotor*. Valencia: Instituto de Biomecánica de Valencia.
- Vertommen, L, Fauvart, H. y Clarys, J.P. (1983). A simple system for underwater video filming. *Biomechanics and medicine in swimming*. 14, 119-122.
- Viitasalo, J.T. (1988). Evaluation of explosive strength for young and adult athletes. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 59,1, 9-13.
- Vizolyi, P. Taunton, J. y Robertson, G. (1987) Breaststroker's knee: an analysis of epidemiological and biomechanical factors. *American Journal of Sport medicine*. 15 (1) 63-71.

- Vorontsov, A.R. y Rumyantsev, V.A. (2000) Effect of propelling surface size on the mechanics and energetics of front crawl swimming. *Journal Biomechanics*. Vol.24, nº3/4 205/211
- Vorontsov, A.R. y Rumyantsev, V.A. (2000) Resistive forces in swimming. *Biomechanics in Sport: Performance Enhancement and Injury Prevention*. Zatsiorsky, V (ed) Volume IX of the Encyclopaedia of Sports Medicine. USA
- Wartenweiler, J. (1973). Status report on Biomechanics. *Biomechanics III*. Baltimore: University Park Press.
- Webb, P.W. (1984) Forma y función en la locomoción de los peces. *Investigación y ciencia*. (96)
- Welch, H. (1974) Kinematic analysis of world-class crawl stroke swimmers. In Nelson, R.C. and Morehouse, C.A. (ed.), *Biomechanics IV*, Baltimore, University Park Press, p. 217-222
- Wells, K.F. (1950). *Kinesiology*. Filadelfia: Saunders Company
- Wilke, K (1991) La técnica de las pruebas de sprint. Comunicación presentada en *Natación Ciencia y Técnica: su aplicación práctica*, Granada
- Wilke, K. y Madsen, O. (1990) *El entrenamiento del nadador juvenil*. Buenos Aires Ed.Stadium.
- Woltring, H.J. (1974). New possibilities for human motion studies by real-time light sport position measurement. *Biotelemetry*. 1,3, 132-146.
- Woltring, H.J. (1975). Calibration and measurement in 3-dimensional monitoring of human motion by optoelectronic means. I. Preliminaries and theoretical aspects. *Biotelemetry*, 2, 3-4, 169-196.

- Wood, T.C. (1979) A fluid dynamic analysis of the propulsive potential of the hand and forearm in swimming. In Terauds, J. y Bedingfield, E.W. (eds) *Swimming III*. Baltimore, Maryland: University Park Press.
- Wood, G.A. y Marshall, R.N. (1986) The accuracy of DLT extrapolation in three-dimensional film analysis. *Journal of Biomechanics*, 19 (9) 781-785.
- Yanai, T. Hay, J.G. y Miller, G.F. (2000) Shoulder impingement in front-crawl swimming: I. A method to identify impingement. *Medicine and science in sports and exercise*. 32 (1) 21-29
- Yeadon, M.R. (1990) The simulation of aerial movement. *Journal of Biomechanics*. 23 (1) 59-90.
- Zambrana, J.M. y Rodríguez, J.A. (1986) *Natación Básica*. Madrid Ed. Alhambra.
- Zatsiorskij, V.M. y Sazonov, V.P. (1988). Basi biomeccaniche nella prevenzione dei danni alla colonna lombare durante esercizio fisico. *Atleticastudi*. 3-4-, 459-478.



**ANEXOS**

**Anexo 1 : Planilla de información proporcionada a los sujetos experimentales.**

**Lee atentamente las siguientes instrucciones.**

**No consideres esta sesión como un entrenamiento más, vamos a realizar una filmación de diversos ejercicios con la finalidad de analizar tu propia técnica de nado con diferentes variaciones en su ejecución. Trata por tanto de hacer con precisión todo lo que a continuación se expone.**

**Cuando llegues a la piscina prepárate como de costumbre, utiliza sólo un bañador, a ser posible de color oscuro.**

**Realiza el calentamiento habitual para competición.**

**Tras finalizar el calentamiento te colocarán una aleta dorsal fijada a la espalda con un cinturón elástico alrededor del pecho. No olvides que lo llevas puesto a la hora de introducirte y salir del agua.**

**Entrarás en el agua por el lateral de la piscina en la zona de 25m. cuando llegue tu turno te colocarás entre las calles 2 y 3.**

**Deberás recorrer la distancia dirigiéndote hacia el foco de luz subacuático que hay situado en la pared frontal de la piscina.**

**Cuando finalices el recorrido te saldrás del agua por la escalerilla más próxima, y te situarás de nuevo en la zona de 25m. preparándote para la siguiente serie.**

**¡OJO! No pases nunca por debajo de las corcheras, engancharías la aleta.**

**Realizarás 9x25m c/2' con el siguiente orden de ejecución:**

**1ª Rep.: crol con el brazo derecho, manteniendo el izquierdo pegado al cuerpo y respirando por el lado del brazo no ejecutor.**

**2ª Rep.: crol con el brazo izquierdo, manteniendo el derecho pegado al cuerpo y respirando por el lado del brazo no ejecutor.**

**3ª Rep.: crol con el brazo derecho, manteniendo el izquierdo pegado al cuerpo y respirando por el lado del brazo ejecutor.**

**4ª Rep.: crol con el brazo izquierdo, manteniendo el derecho pegado al cuerpo y respirando por el lado del brazo ejecutor.**

**5ª Rep.: nado crol respirando por el lado habitual.**

**6ª Rep.: nado crol respirando por el lado no habitual.**

**7ª Rep.: nado crol sin respirar.**

**8ª Rep.: crol con el brazo derecho, manteniendo el izquierdo extendido delante de la cabeza y respirando por el lado del brazo ejecutor.**

**9ª Rep.: crol con el brazo izquierdo, manteniendo el derecho extendido delante de la cabeza y respirando por el lado del brazo ejecutor.**

**Por favor, memoriza el orden de tus ejercicios, y realizalos sin alteración.**

**No comentes tu tarea con tus compañeros, ellos tienen establecido un orden de ejecución diferente al tuyo y podríais confundiros.**

**Al finalizar la sesión te situarás en la zona de playa donde se tomarán una serie de medidas antropométricas.**

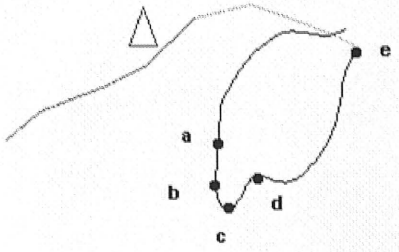
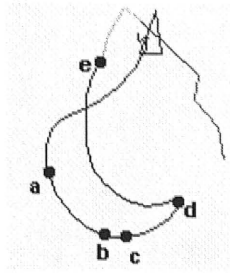
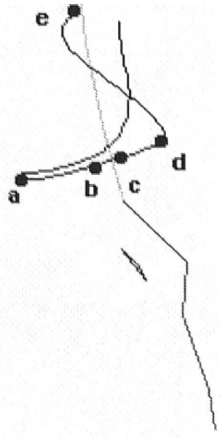
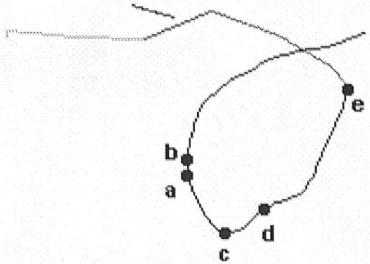
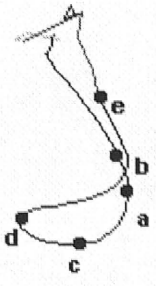
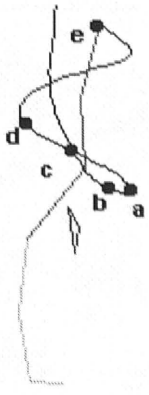
**Si después de leer este documento tienes alguna duda, no dudes en preguntar.**



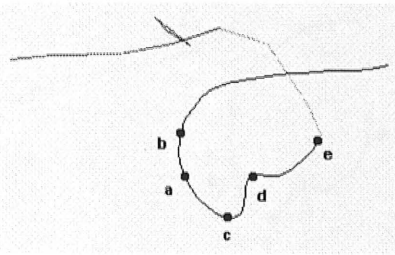
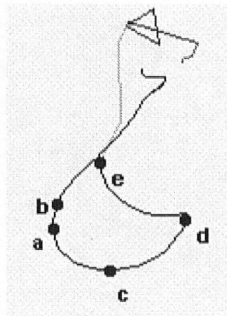
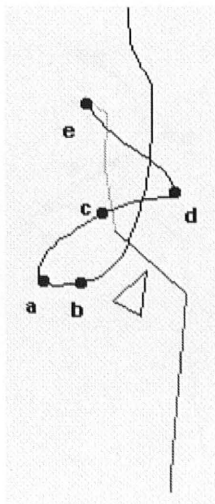
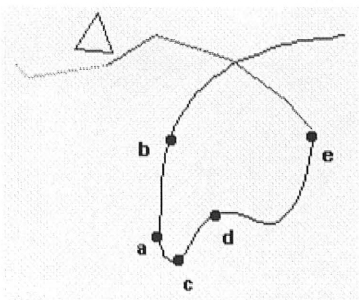
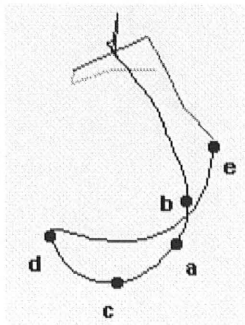
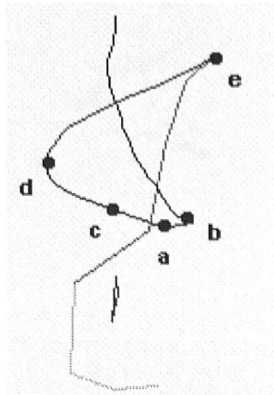
**Anexo 2** Trayectorias espaciales recorridas por la mano derecha e izquierda, a lo largo de la tracción obtenidas en cada uno de los sujetos y ejercicios. Donde:

- a. Corresponde al punto más lateral de la trayectoria.
- b. Corresponde al punto más adelantado de la trayectoria.
- c. Corresponde al punto de máxima profundidad de la trayectoria.
- d. Corresponde al punto más medial de la trayectoria.
- e. Corresponde al punto más atrasado de la trayectoria.

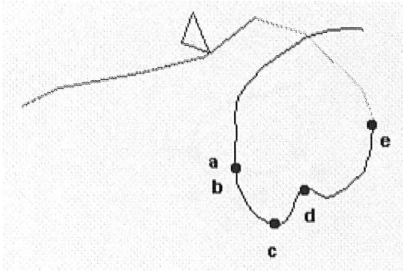
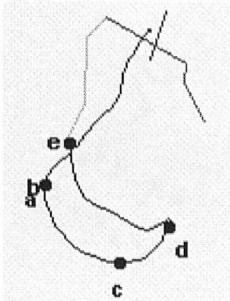
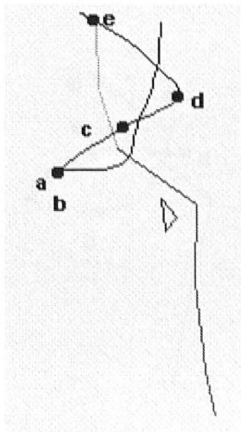
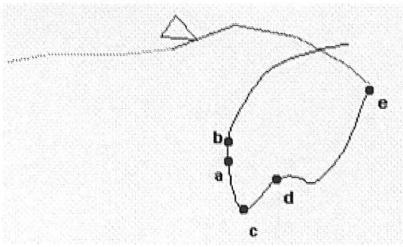
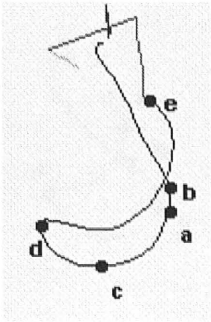
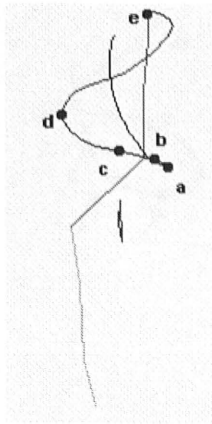
## Crol con respiración lado dominante. Sujeto 01

Nº total de fotogramas: 107		
MP: 64	HD: 75	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 101		
MP: 64	HD: 76	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

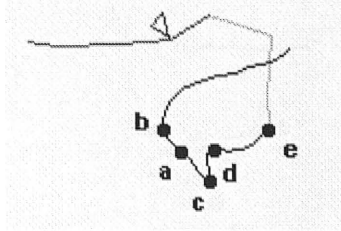
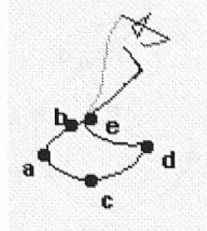
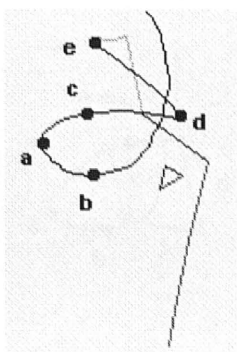
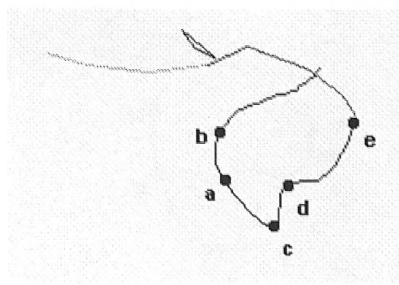
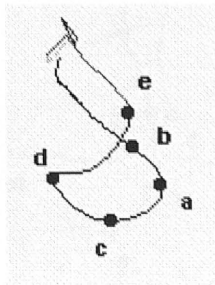
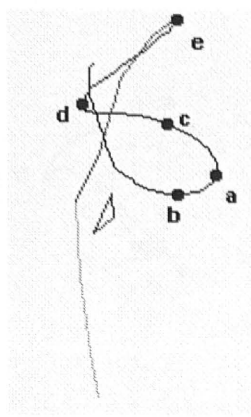
## Crol con respiración lado no dominante. Sujeto 01

<b>Nº total de fotogramas: 111</b>		
<b>MP: 83</b>	<b>HD: 95</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 111</b>		
<b>MP: 70</b>	<b>HD: 83</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

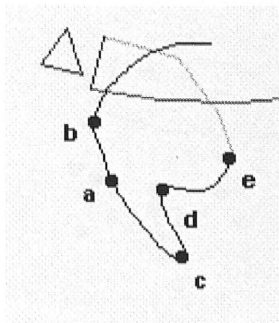
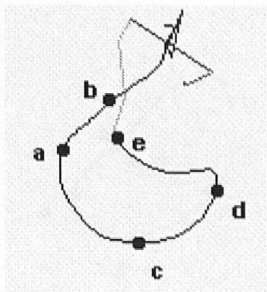
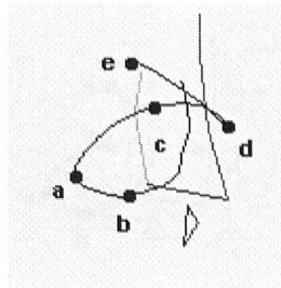
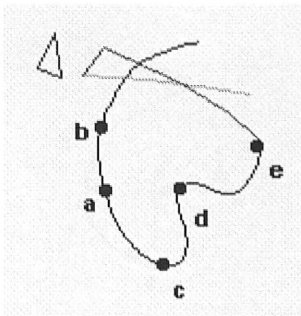
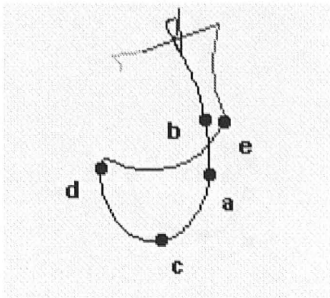
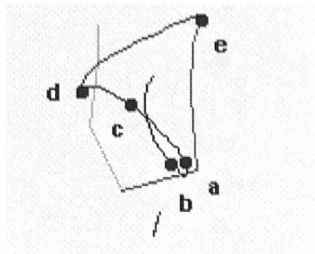
## Un brazo ojo Crol sin respiración. Sujeto 01

<b>N° total de fotogramas: 85</b>		
<b>MP: 54</b>	<b>HD: 64</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>N° total de fotogramas: 89</b>		
<b>MP: 53</b>	<b>HD: 62</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

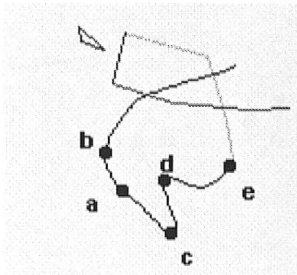
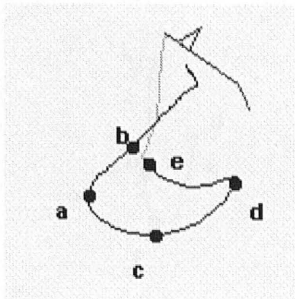
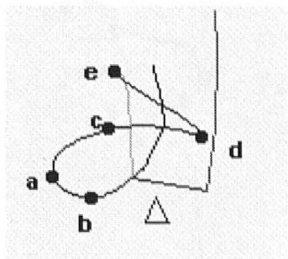
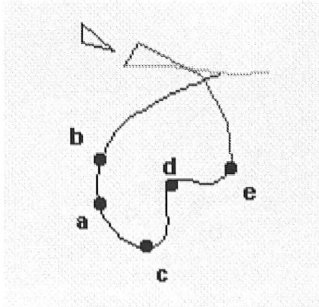
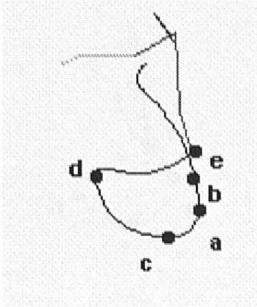
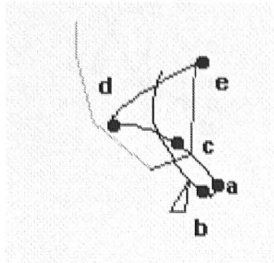
Un brazo ejecuta, otro brazo extendido delante. Sujeto 01

<b>Nº total de fotogramas: 119</b>		
<b>MP: 89</b>	<b>HD: 102</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 107</b>		
<b>MP: 71</b>	<b>HD: 84</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

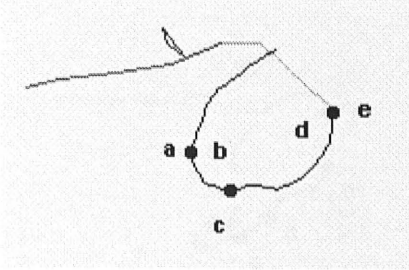
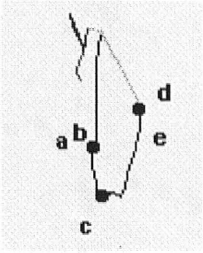
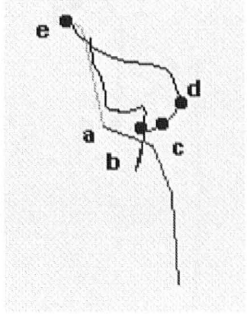
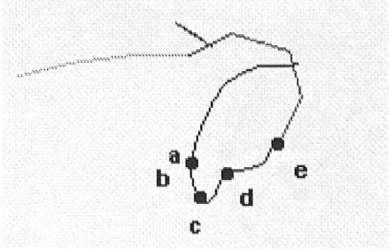
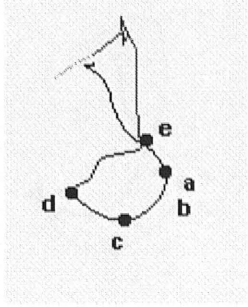
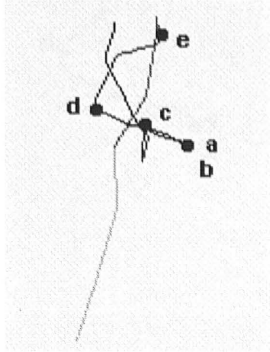
Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado no ejecutor. Sujeto 01

<b>Nº total de fotogramas: 121</b>		
<b>MP: 84</b>	<b>HD: 100</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 125</b>		
<b>MP: 74</b>	<b>HD: 91</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado ejecutor. Sujeto 01

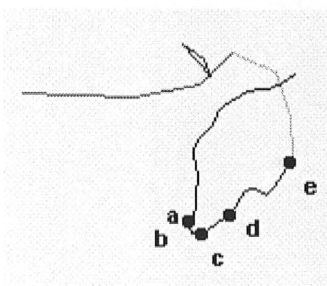
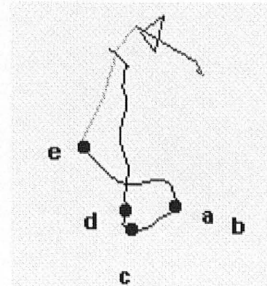
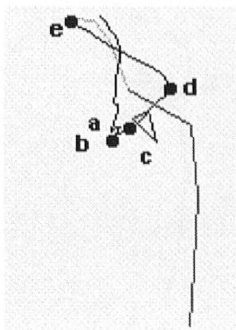
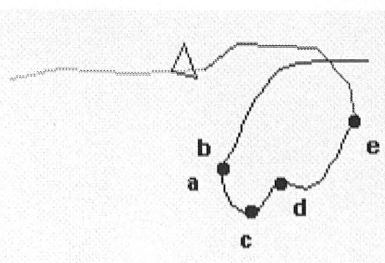
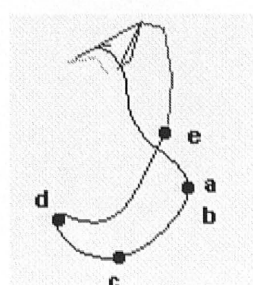
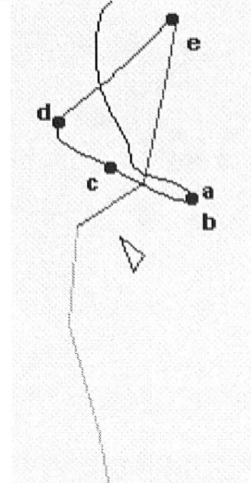
<b>Nº total de fotogramas: 117</b>		
<b>MP: 82</b>	<b>HD: 98</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 107</b>		
<b>MP: 68</b>	<b>HD: 87</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

## Crol con respiración lado dominante. Sujeto 06

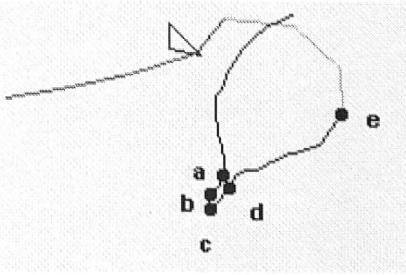
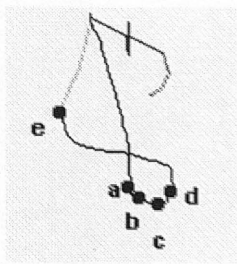
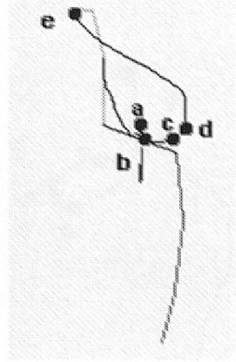
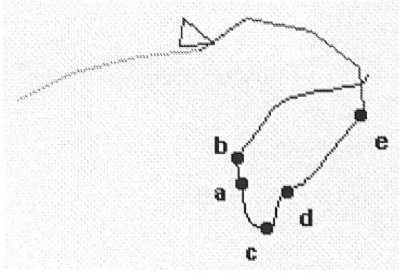
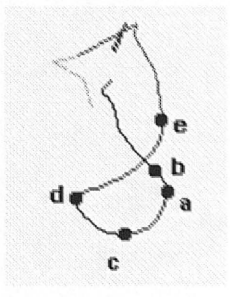
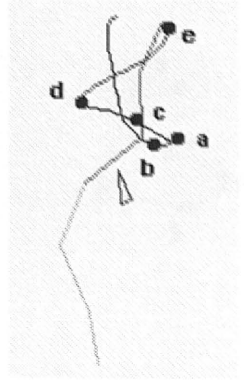
<b>Nº total de fotogramas: 75</b>		
<b>MP: 44</b>	<b>HD: 51</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 48</b>		
<b>MP: 48</b>	<b>HD: 61</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		



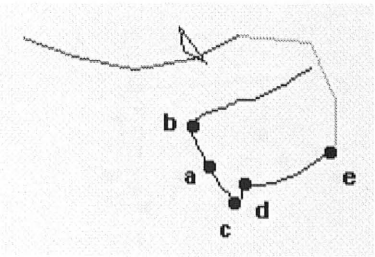
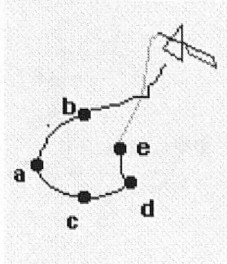
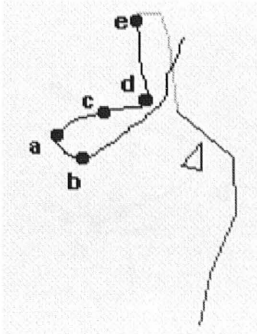
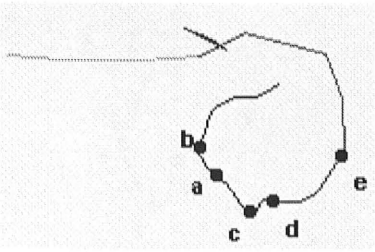
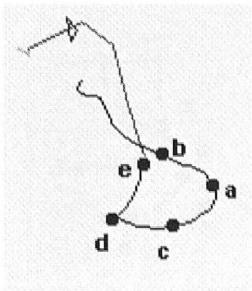
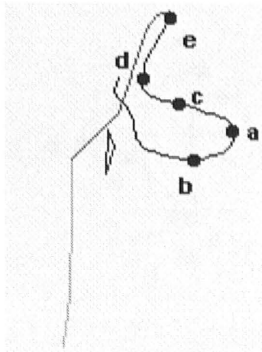
## Crol con respiración lado no dominante. Sujeto 06

<b>Nº total de fotogramas: 73</b>		
<b>MP: 48</b>	<b>HD: 58</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 79</b>		
<b>MP: 50</b>	<b>HD: 58</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

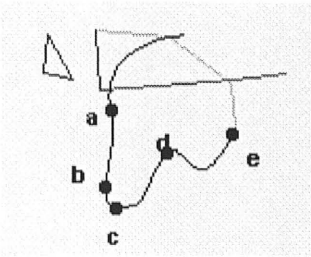
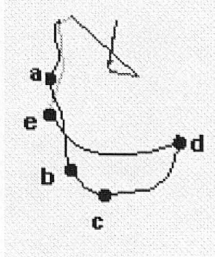
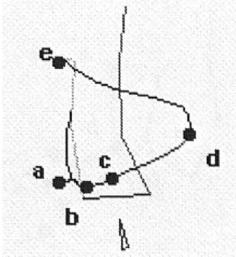
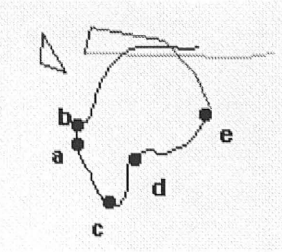
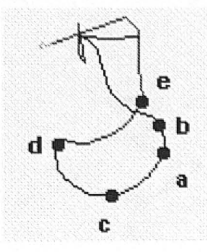
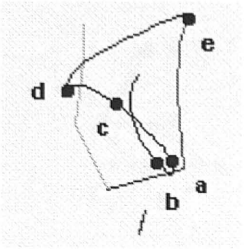
## Crol sin respiración . Sujeto 06

N° total de fotogramas: 71		
MP: 42	HD: 47	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas: 81		
MP: 48	HD: 62	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

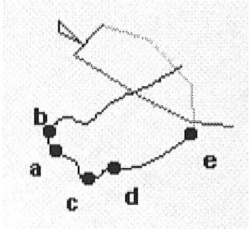
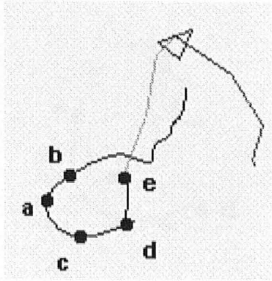
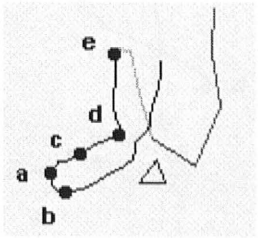
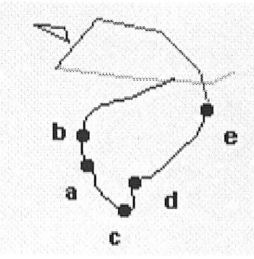
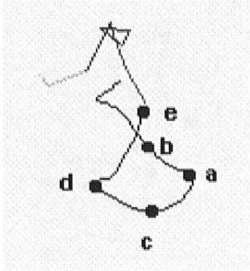
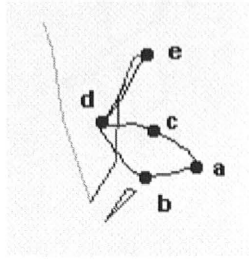
## Un brazo ejecuta, otro brazo extendido delante . Sujeto 06

N° total de fotogramas: 87		
MP: 61	HD: 71	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas:79		
MP:54	HD:65	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

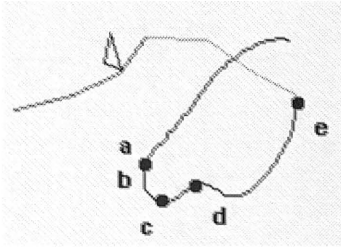
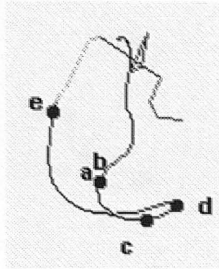
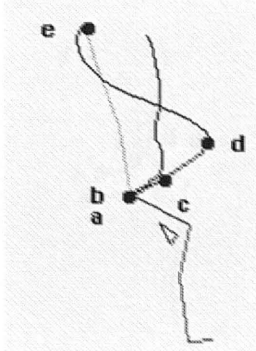
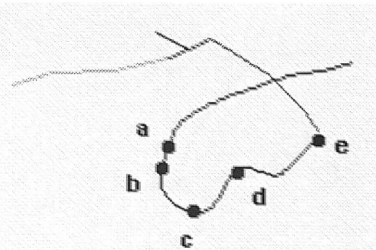
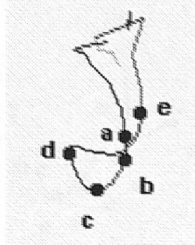
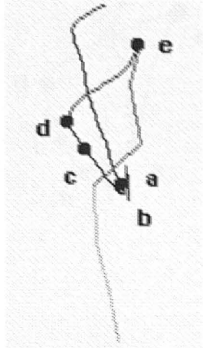
Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado no ejecutor. Sujeto 06

N° total de fotogramas: 91		
MP: 47	HD: 65	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas: 99		
MP: 64	HD: 78	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

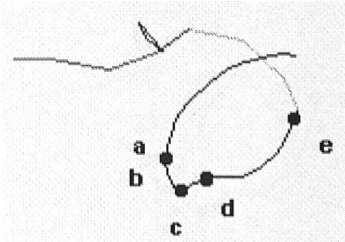
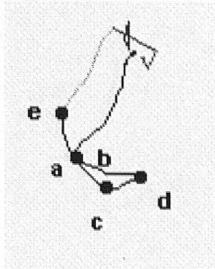
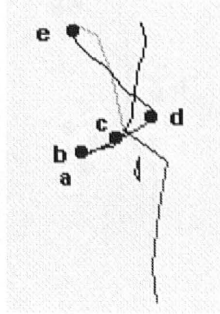
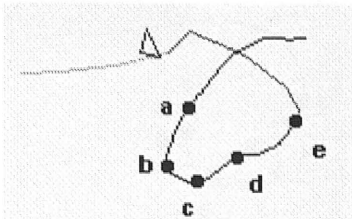
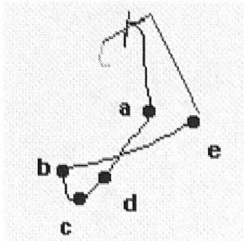
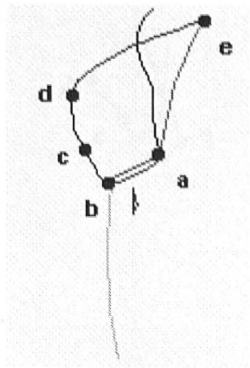
Un brazo ejecuta, el otro junto al cuerpo. Respiración lado ejecutor. Sujeto 06

N° total de fotogramas: 93		
MP:66	HD: 77	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas:93		
MP:58	HD:72	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

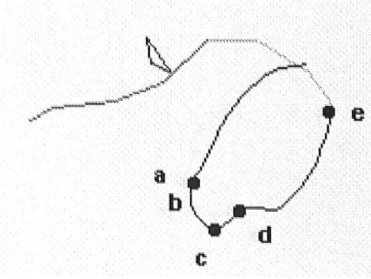
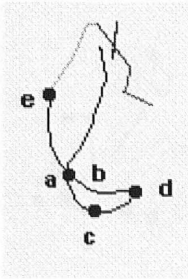
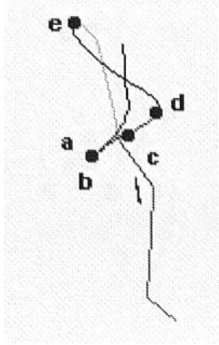
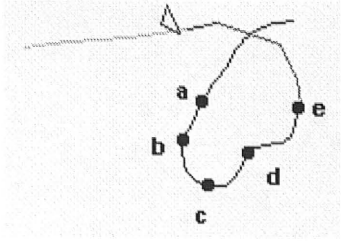
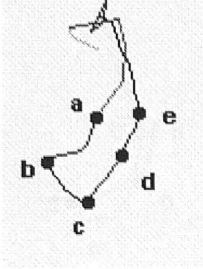
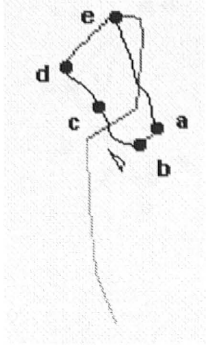
## Crol con respiración lado dominante. Sujeto 07

Nº total de fotogramas: 113		
MP: 66	HD: 76	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 109		
MP: 71	HD: 85	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

## Crol con respiración lado no dominante. Sujeto 07

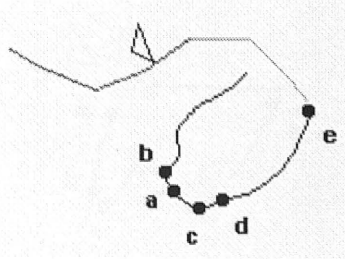
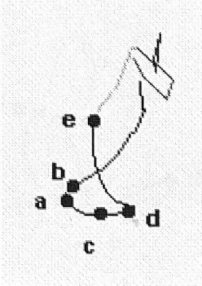
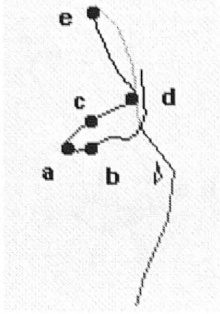
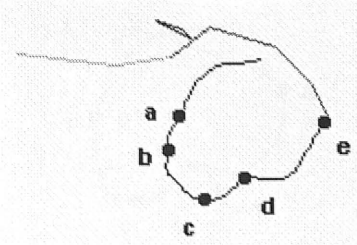
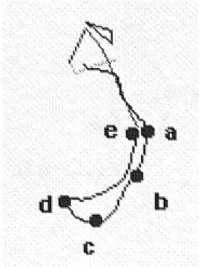
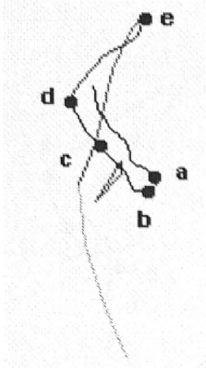
<b>Nº total de fotogramas: 87</b>		
<b>MP: 54</b>	<b>HD: 63</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas:91</b>		
<b>MP:55</b>	<b>HD:65</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

## Un brazo aj Crol sin respiración. Sujeto 07

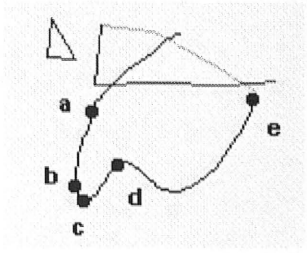
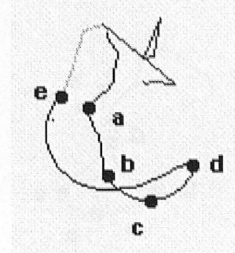
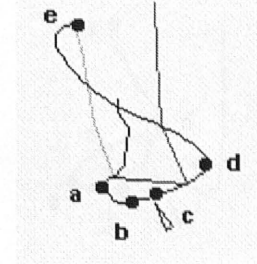
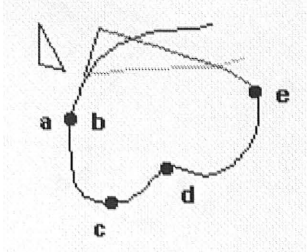
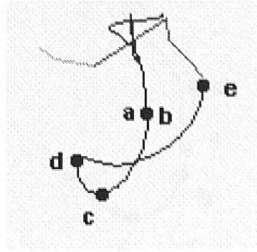
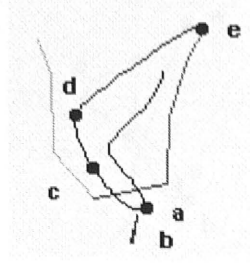
<b>Nº total de fotogramas: 83</b>		
<b>MP: 48</b>	<b>HD: 57</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas:77</b>		
<b>MP:49</b>	<b>HD:62</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		



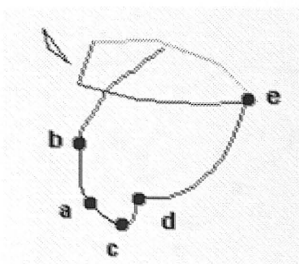
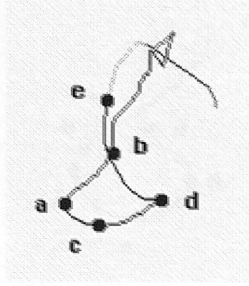
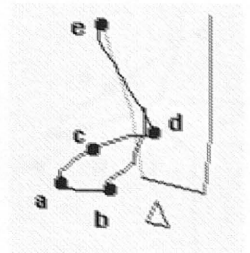
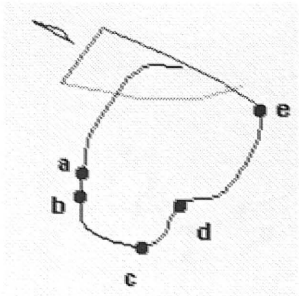
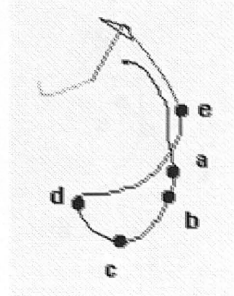
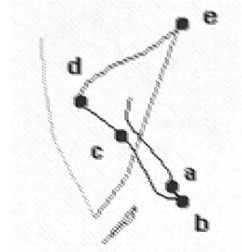
## Un brazo ejecuta, otro brazo extendido delante. Sujeto 07

<b>Nº total de fotogramas: 91</b>		
<b>MP: 56</b>	<b>HD: 65</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 95</b>		
<b>MP: 59</b>	<b>HD: 70</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

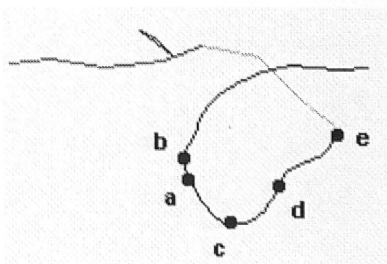
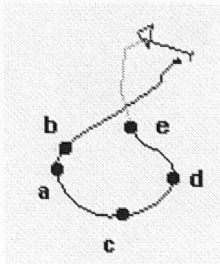
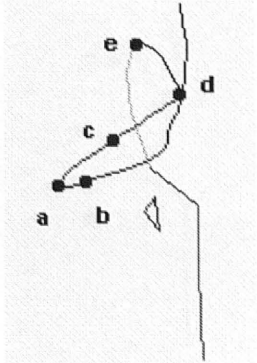
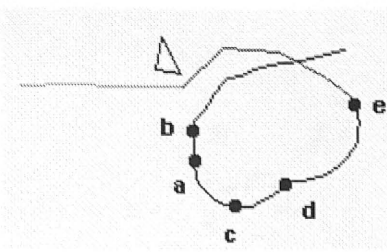
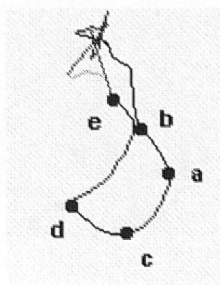
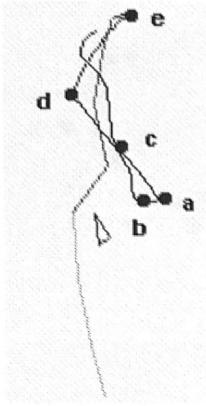
Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado no ejecutor. Sujeto 07

Nº total de fotogramas: 111		
MP: 60	HD: 72	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 121		
MP: 71	HD: 84	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

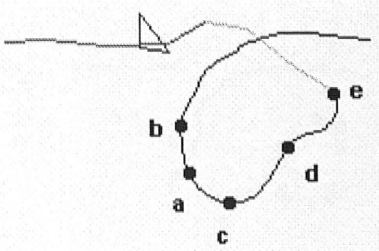
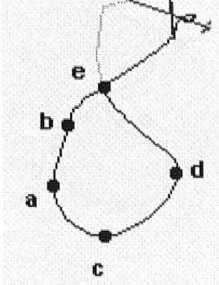
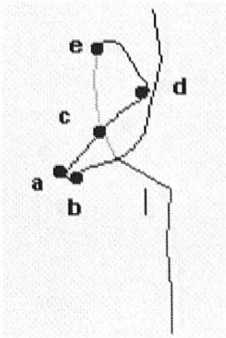
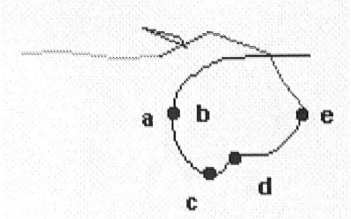
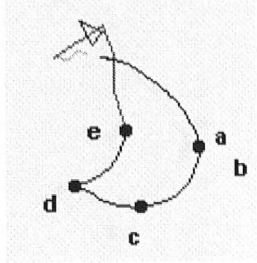
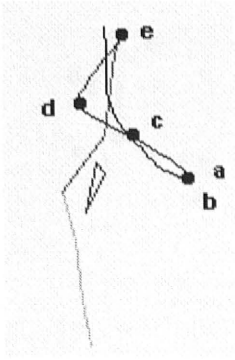
Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado ejecutor. Sujeto 07

N° total de fotogramas: 107		
MP: 65	HD: 80	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas: 119		
MP: 69	HD: 84	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

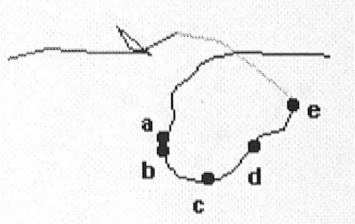
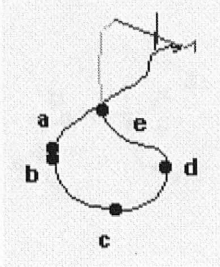
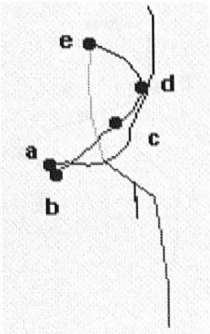
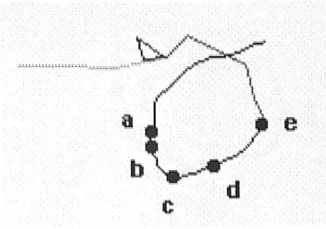
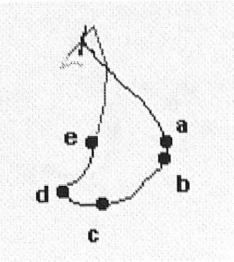
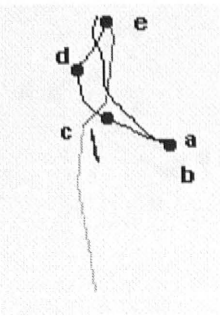
## Crol con respiración lado dominante. Sujeto 09

N° total de fotogramas: 103		
MP: 71	HD: 84	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas: 97		
MP: 65	HD: 76	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

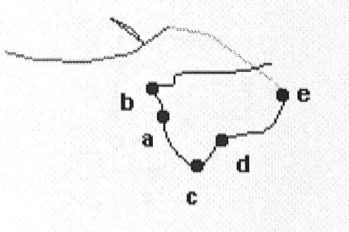
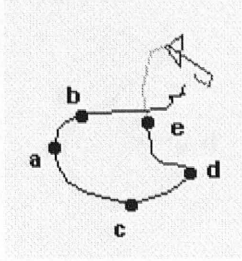
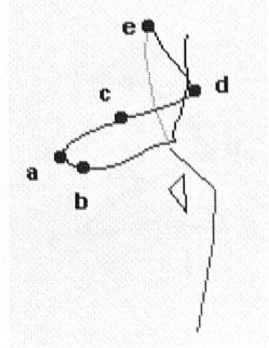
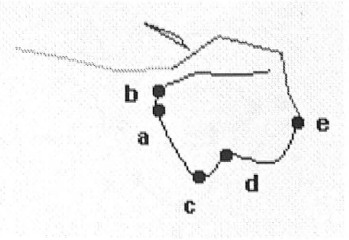
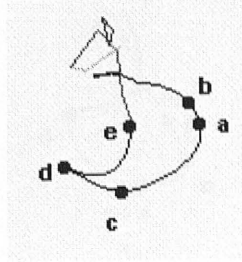
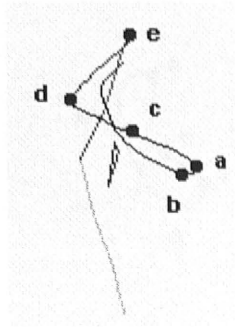
## Crol con respiración lado no dominante. Sujeto 09

N° total de fotogramas: 105		
MP: 73	HD: 85	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas: 97		
MP: 69	HD: 81	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

Un brazo ej. Crol sin respiración . Sujeto 09

<b>N° total de fotogramas: 91</b>		
<b>MP: 65</b>	<b>HD: 76</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>N° total de fotogramas: 77</b>		
<b>MP: 56</b>	<b>HD: 66</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

## Un brazo ejecuta, otro brazo extendido delante. Sujeto 09

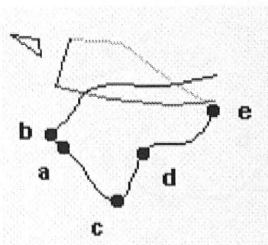
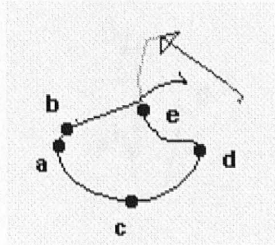
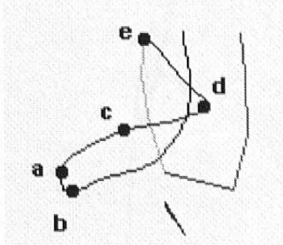
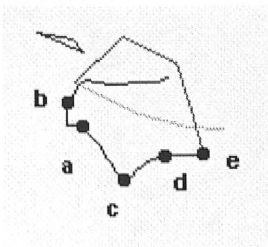
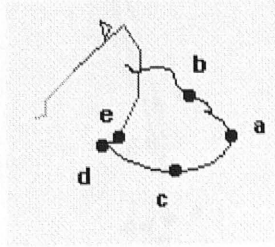
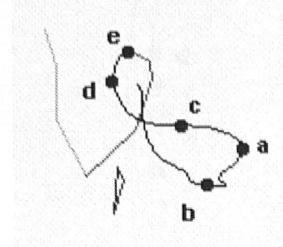
<b>Nº total de fotogramas: 101</b>		
<b>MP: 70</b>	<b>HD: 82</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 89</b>		
<b>MP: 62</b>	<b>HD: 72</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado no ejecutor. Sujeto 09

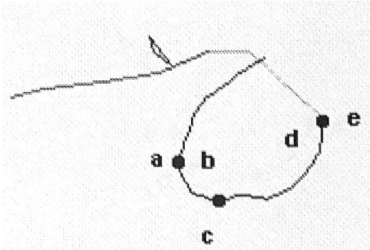
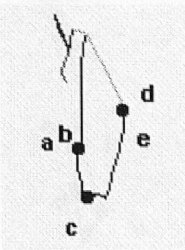
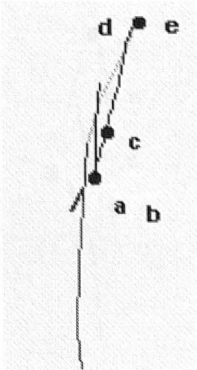
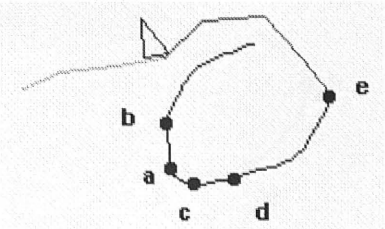
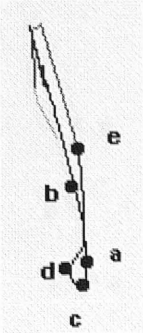
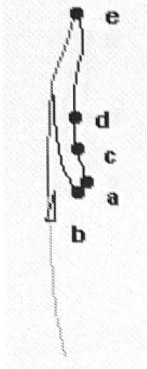
Nº total de fotogramas: 107		
MP: 66	HD: 81	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
Nº total de fotogramas: 113		
MP: 78	HD: 95	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior



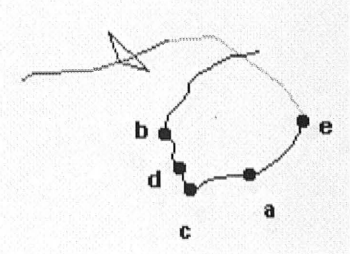
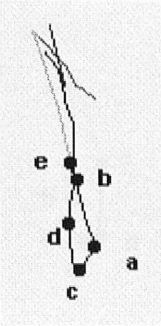
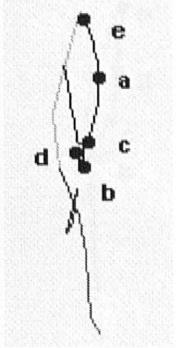
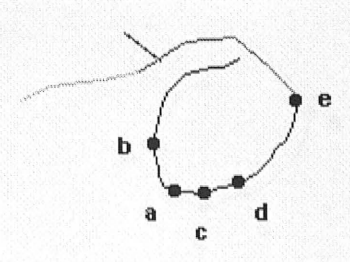
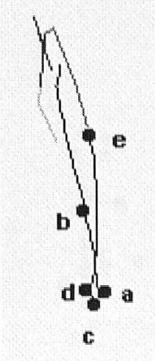
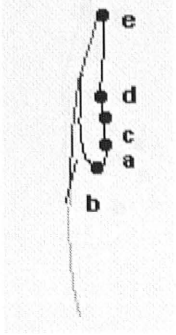
Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado ejecutor. Sujeto 09

N° total de fotogramas: 115		
MP: 77	HD: 93	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas: 93		
MP: 71	HD: 84	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

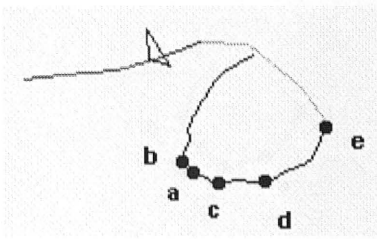
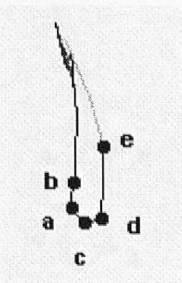
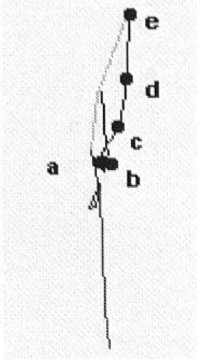
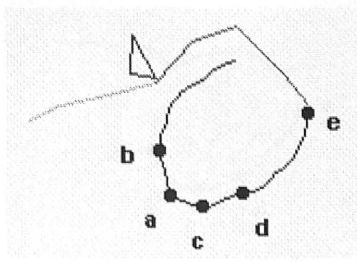
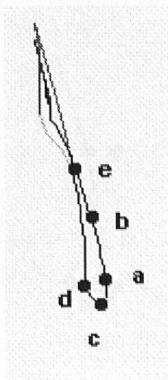
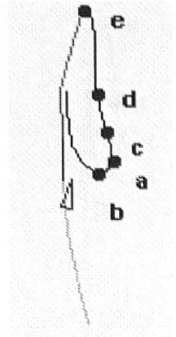
## Crol con respiración lado dominante. Sujeto 10

Nº total de fotogramas: 69		
MP: 43	HD: 69	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 67		
MP: 41	HD: 48	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

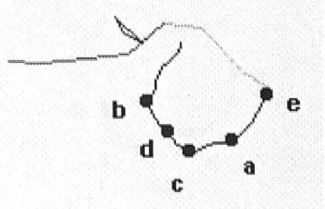
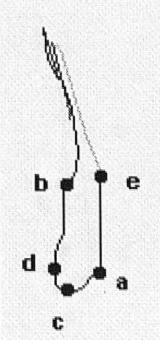
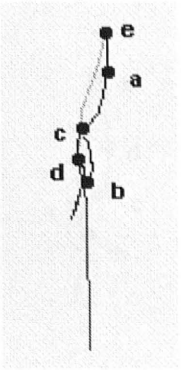
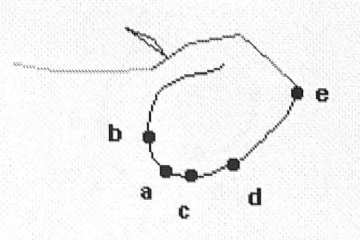
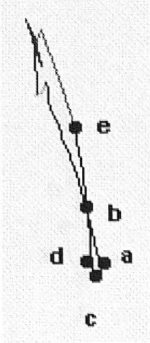
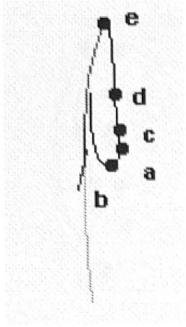
## Crol con respiración lado no dominante. Sujeto 10

Nº total de fotogramas: 73		
MP: 46	HD: 39	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 71		
MP: 47	HD: 52	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

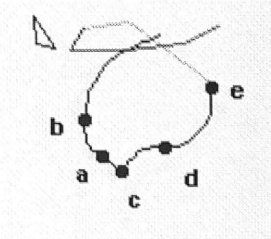
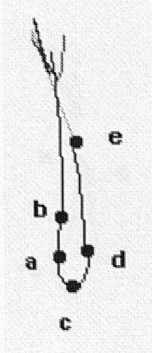
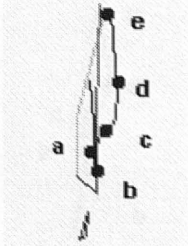
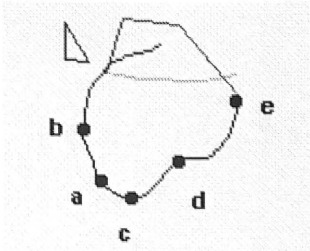
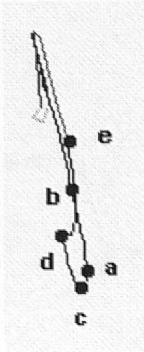
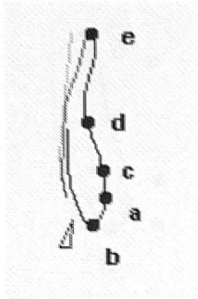
## Un brazo en Crol sin respiración . Sujeto 10

<b>Nº total de fotogramas: 61</b>		
<b>MP: 40</b>	<b>HD: 50</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas:61</b>		
<b>MP:39</b>	<b>HD:46</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

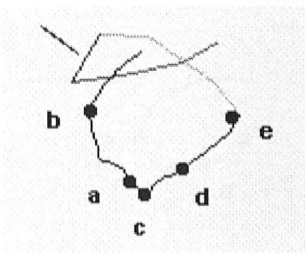
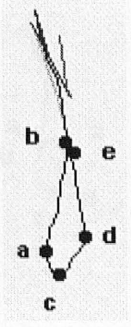
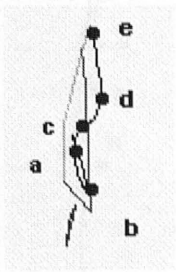
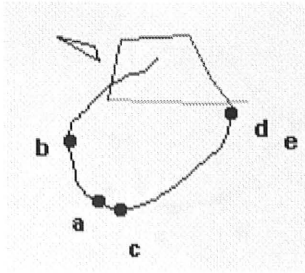
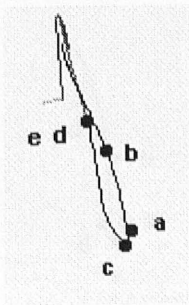
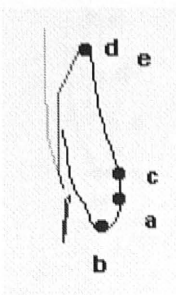
Un brazo ejecuta, otro brazo extendido delante. Sujeto 10

<b>Nº total de fotogramas: 71</b>		
<b>MP: 45</b>	<b>HD: 39</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 73</b>		
<b>MP: 46</b>	<b>HD: 56</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

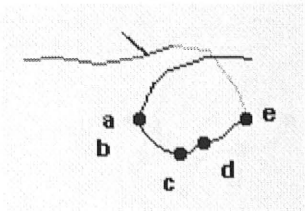
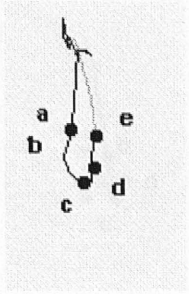
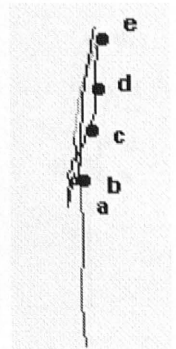
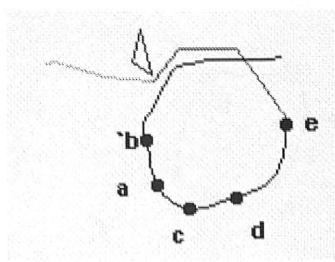
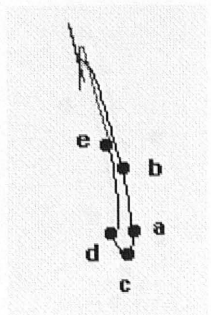
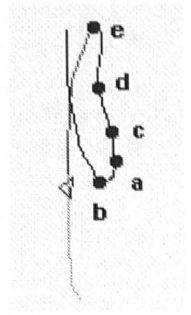
Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado no ejecutor. Sujeto 10

N° total de fotogramas: 91		
MP: 57	HD: 74	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas: 91		
MP: 57	HD: 71	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado ejecutor. Sujeto 10

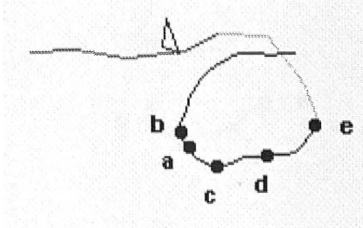
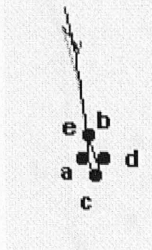
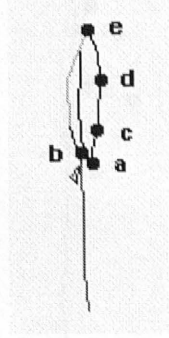
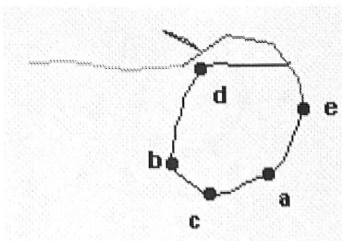
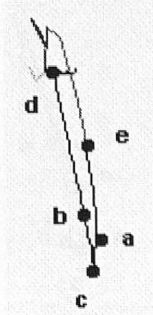
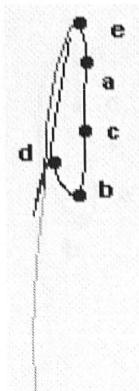
<b>Nº total de fotogramas: 77</b>		
<b>MP: 50</b>	<b>HD: 63</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 83</b>		
<b>MP: 56</b>	<b>HD: 83</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

## Crol con respiración lado dominante. Sujeto 11

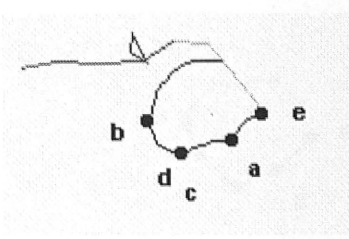
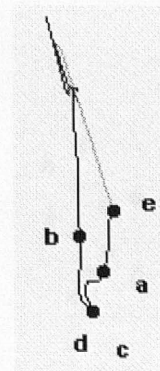
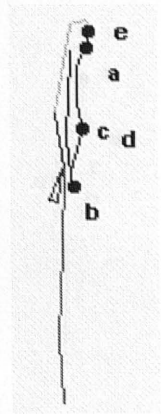
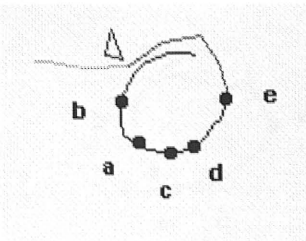
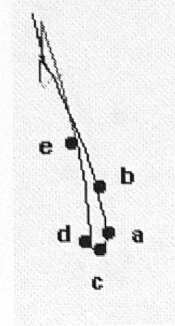
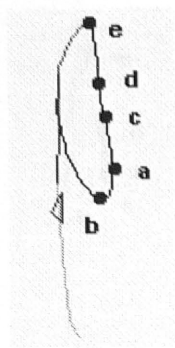
Nº total de fotogramas: 93		
MP: 71	HD: 83	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 93		
MP: 65	HD: 74	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		



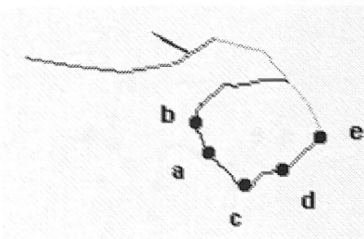
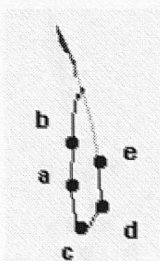
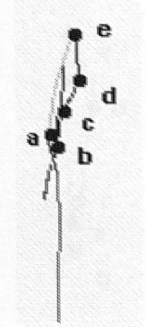
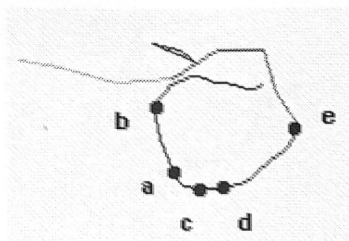
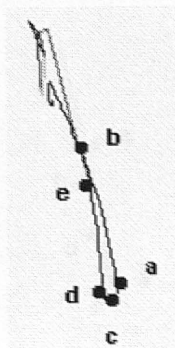
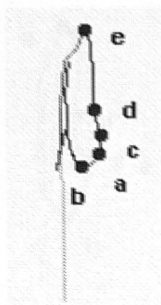
## Crol con respiración lado no dominante. Sujeto 11

Nº total de fotogramas: 79		
MP: 55	HD: 65	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 81		
MP: 60	HD: 22	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

## Un brazo ojo Crol sin respiración. Sujeto 11

Nº total de fotogramas: 69		
MP: 47	HD: 48	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 67		
MP: 49	HD: 55	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

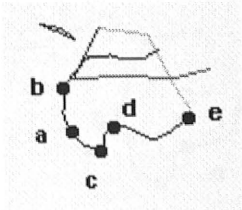
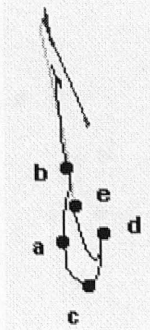
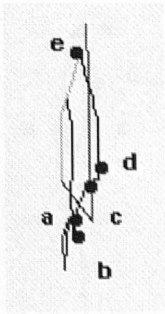
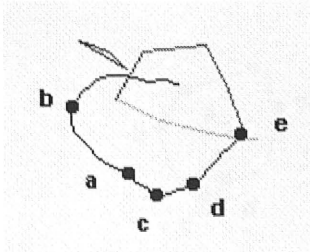
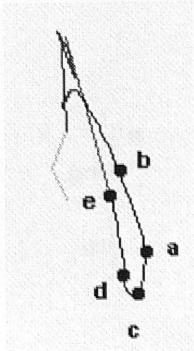
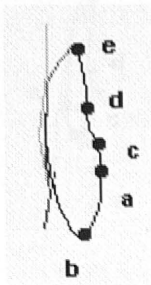
Un brazo ejecuta, otro brazo extendido delante. Sujeto 11

Nº total de fotogramas: 87		
MP: 62	HD: 77	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 89		
MP: 66	HD: 71	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

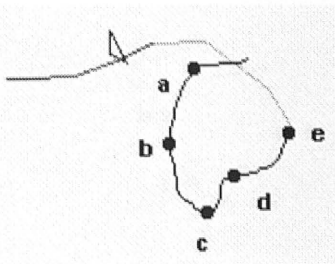
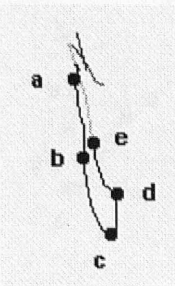
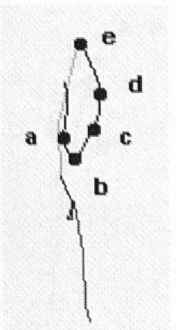
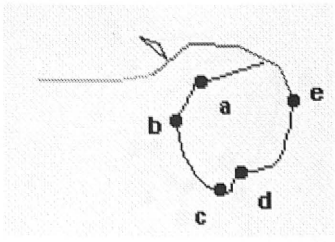
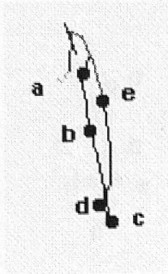
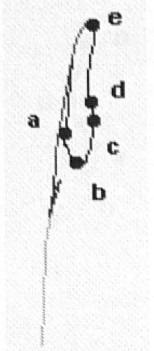
Un brazo ejecuta, el otro junto al cuerpo. Respiración lado no ejecutor. Sujeto 11

Nº total de fotogramas: 99		
MP: 66	HD: 90	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
Nº total de fotogramas: 103		
MP: 65	HD: 82	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior

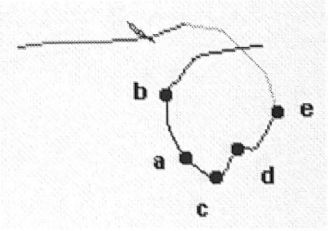
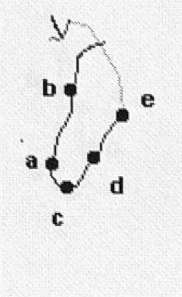
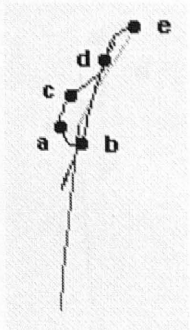
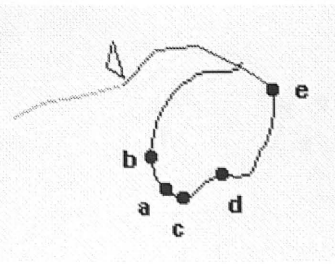
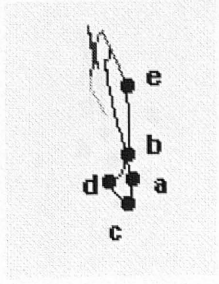
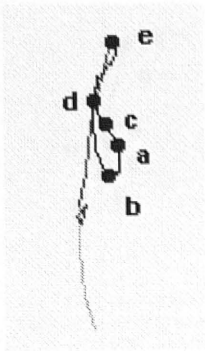
Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado ejecutor. Sujeto 11

N° total de fotogramas: 105		
MP: 72	HD: 85	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas: 93		
MP: 72	HD: 80	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

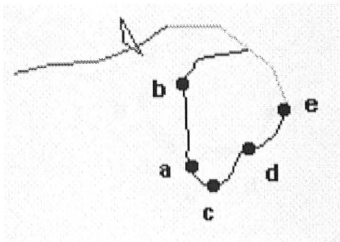
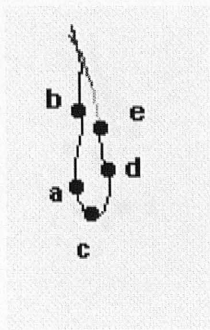
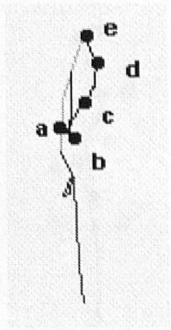
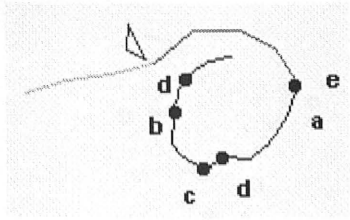
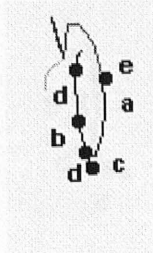
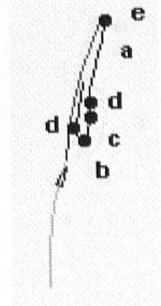
## Crol con respiración lado dominante. Sujeto 14

Nº total de fotogramas: 83		
MP: 52	HD: 64	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 83		
MP: 49	HD: 60	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

## Crol con respiración lado no dominante. Sujeto 14

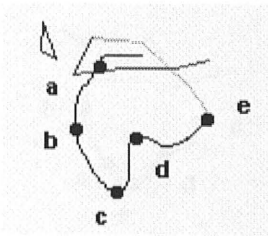
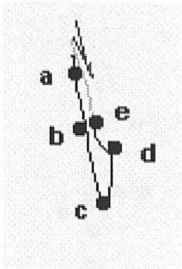
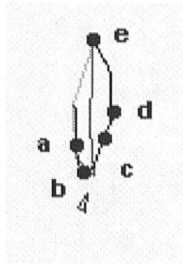
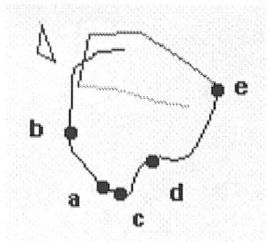
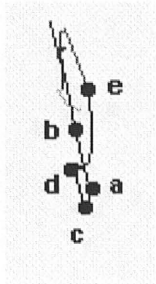
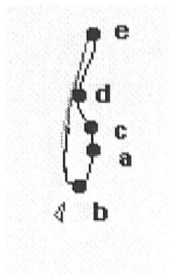
Nº total de fotogramas: 87		
MP: 55	HD: 68	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 95		
MP: 54	HD: 67	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

## Crol sin respiración. Sujeto 14

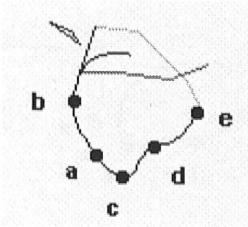
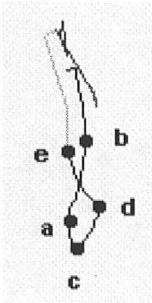
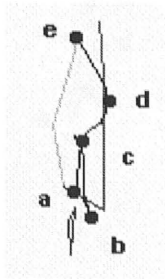
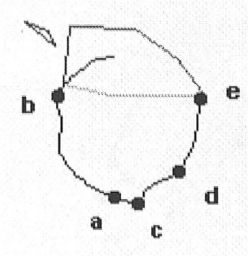
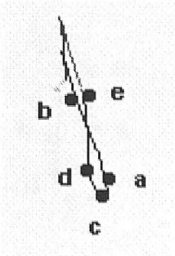
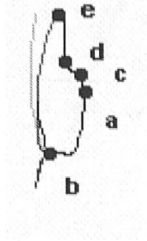
Nº total de fotogramas: 77		
MP: 46	HD: 62	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 73		
MP: 44	HD: 14-48	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		



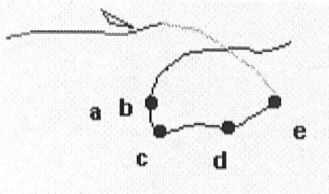
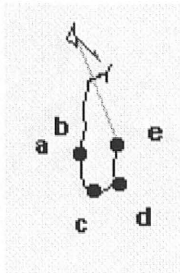
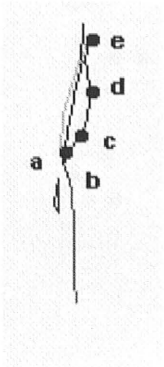
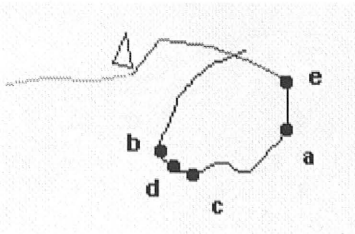
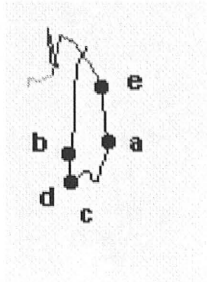
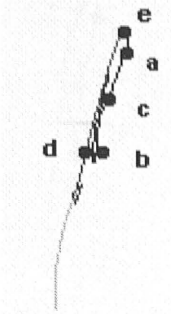
Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado no ejecutor. Sujeto 14

N° total de fotogramas: 97		
MP: 57	HD: 73	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas: 103		
MP: 58	HD: 70	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

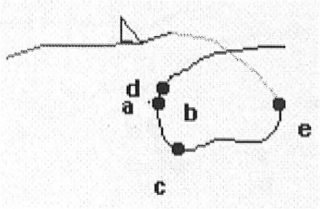
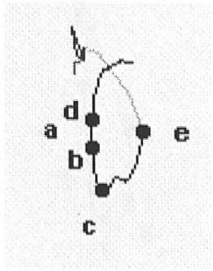
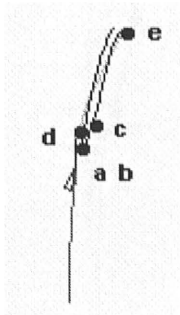
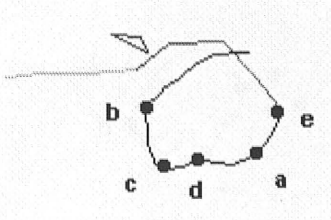
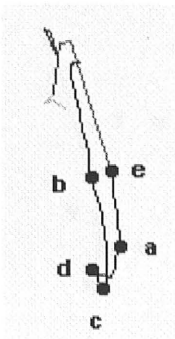
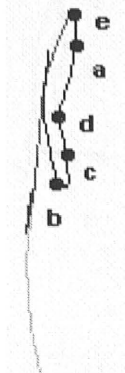
Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado ejecutor. Sujeto 14

<b>Nº total de fotogramas: 85</b>		
<b>MP: 55</b>	<b>HD: 71</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 91</b>		
<b>MP: 56</b>	<b>HD: 72</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

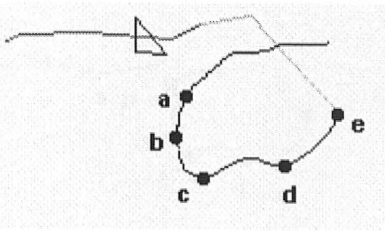
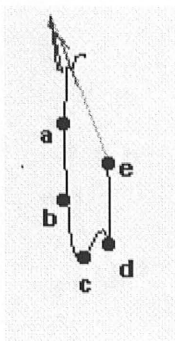
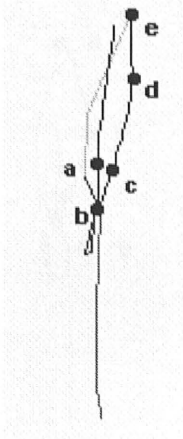
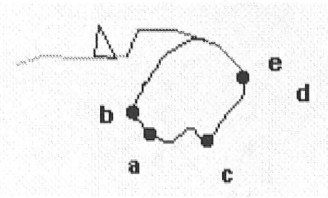
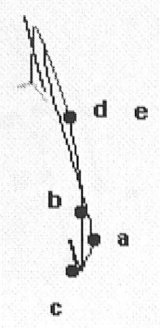
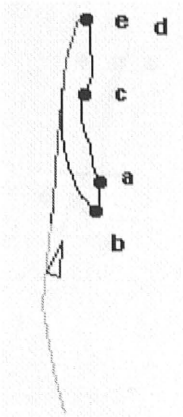
## Crol con respiración lado dominante. Sujeto 15.

N° total de fotogramas: 89		
MP: 62	HD: 77	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas: 83		
MP: 51	HD: 45	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

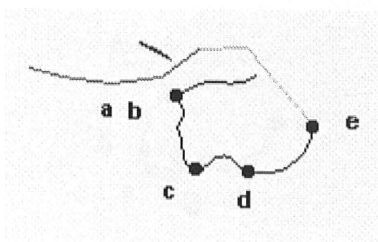
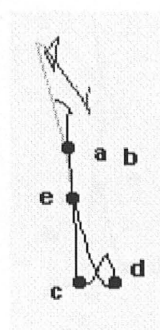
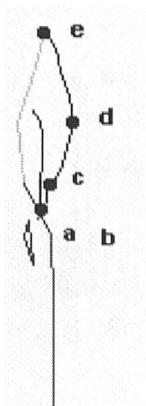
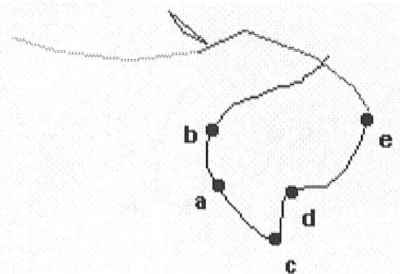
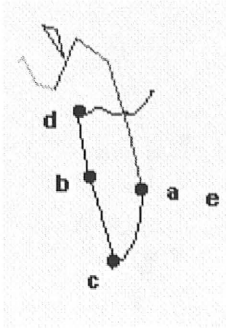
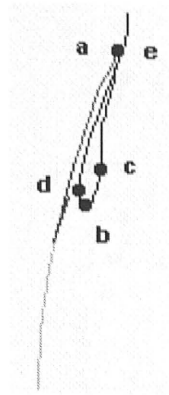
## Crol con respiración lado no dominante. Sujeto 15.

Nº total de fotogramas: 85		
MP: 55	HD: 38	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 79		
MP: 50	HD: 58	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

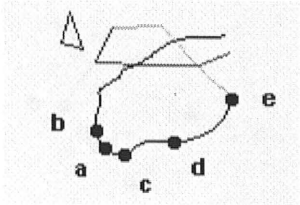
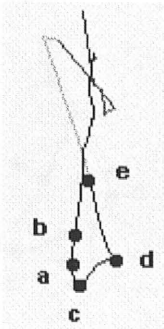
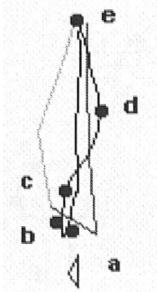
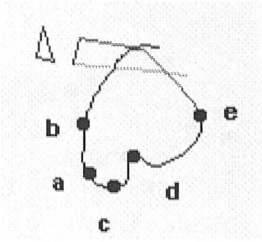
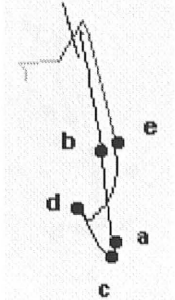
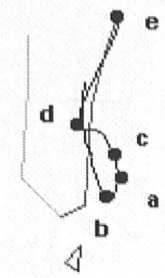
## Un brazo en crol sin respiración. Sujeto 15

Nº total de fotogramas: 77		
MP: 52	HD: 67	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 69		
MP: 54	HD: 69	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

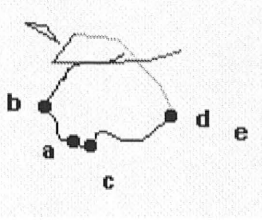
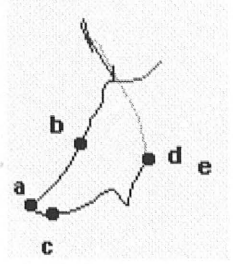
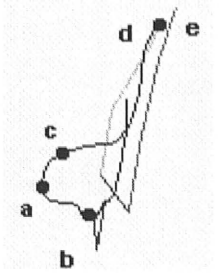
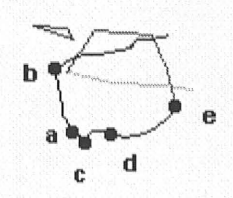
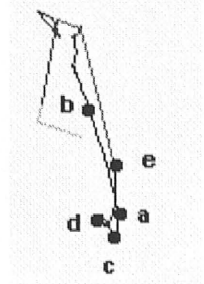
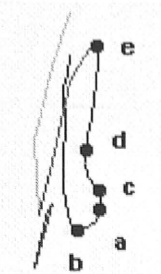
Un brazo Un brazo ejecuta, otro brazo extendido delante. Sujeto 15

<b>Nº total de fotogramas: 87</b>		
<b>MP: 53</b>	<b>HD: 70</b>	
<b>Brazo derecho lateral</b>	<b>Brazo derecho frontal</b>	<b>Brazo derecho superior</b>
		
<b>Nº total de fotogramas: 113</b>		
<b>MP: 89</b>	<b>HD: 56</b>	
<b>Brazo izquierdo lateral</b>	<b>Brazo izquierdo frontal</b>	<b>Brazo izquierdo superior</b>
		

Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado no ejecutor. Sujeto 15

N° total de fotogramas: 113		
MP: 82	HD: 99	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
N° total de fotogramas: 97		
MP: 62	HD: 73	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

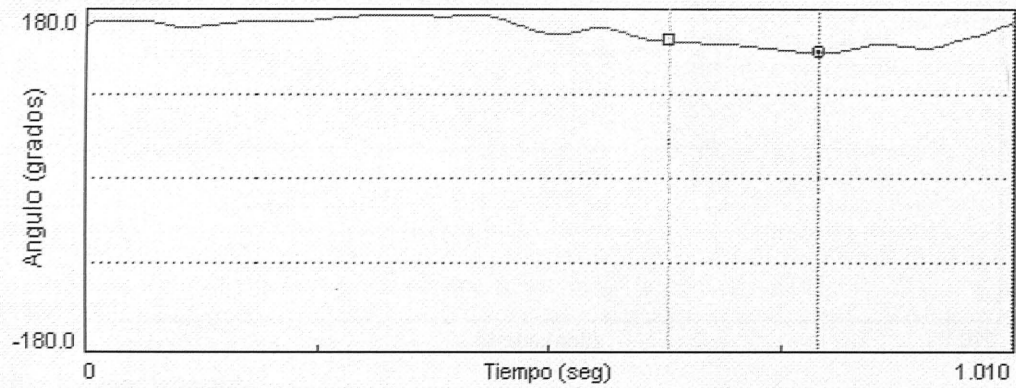
Un brazo ejecuta, otro junto al cuerpo. Respiración lado ejecutor. Sujeto 15

Nº total de fotogramas: 87		
MP: 58	HD: 87	
Brazo derecho lateral	Brazo derecho frontal	Brazo derecho superior
		
Nº total de fotogramas: 97		
MP: 73	HD: 82	
Brazo izquierdo lateral	Brazo izquierdo frontal	Brazo izquierdo superior
		

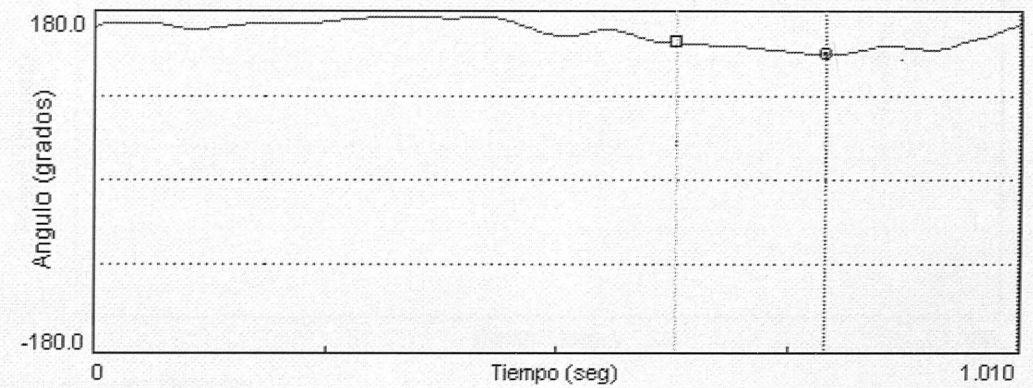


**Anexo 3** Amplitud del ángulo de flexión de codo, de brazo derecho e izquierdo, a lo largo de la tracción y momentos de máxima rotación de tronco y máxima flexión de codo obtenidos en cada uno de los sujetos y ejercicios:

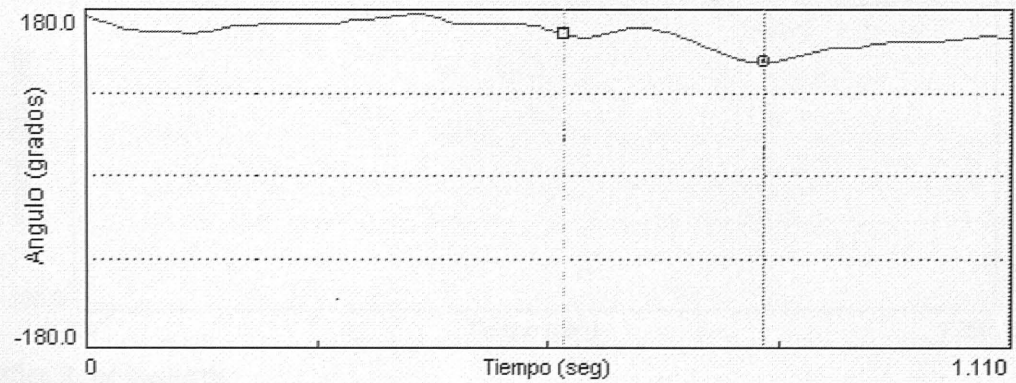
Sujeto 01  
NRdom Izquierda



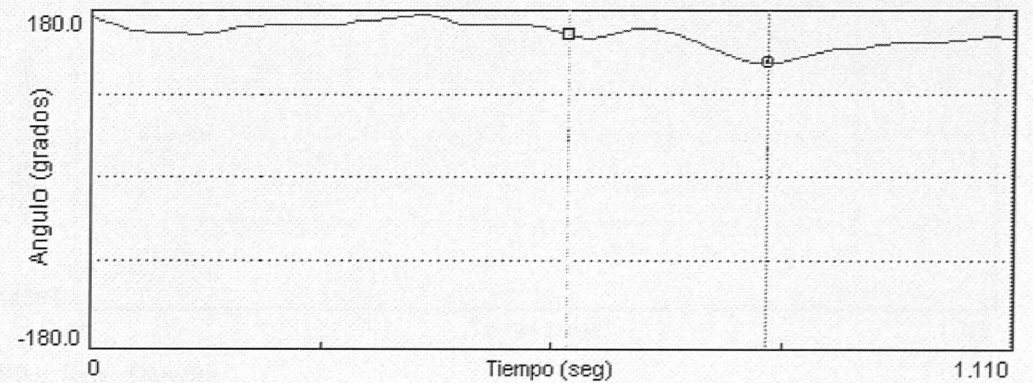
Sujeto 01  
NRdom Izquierda



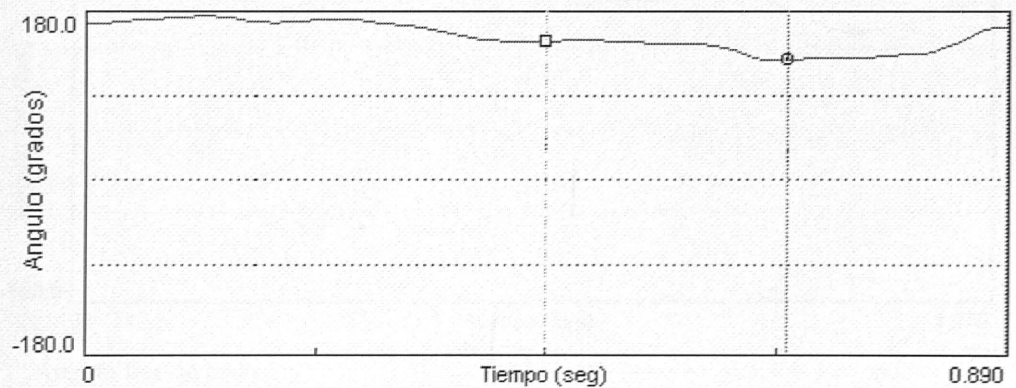
NRnodom Izquierda



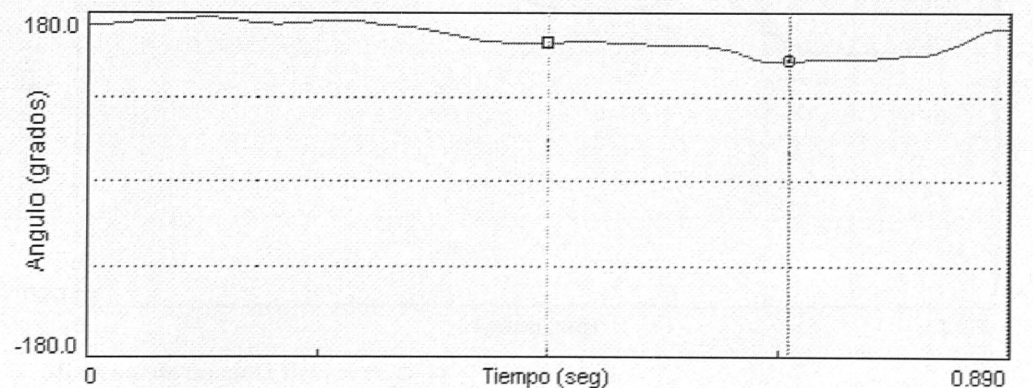
NRnodom Izquierda



NSR Izquierda



NSR Izquierda



— Ángulo flexión codo

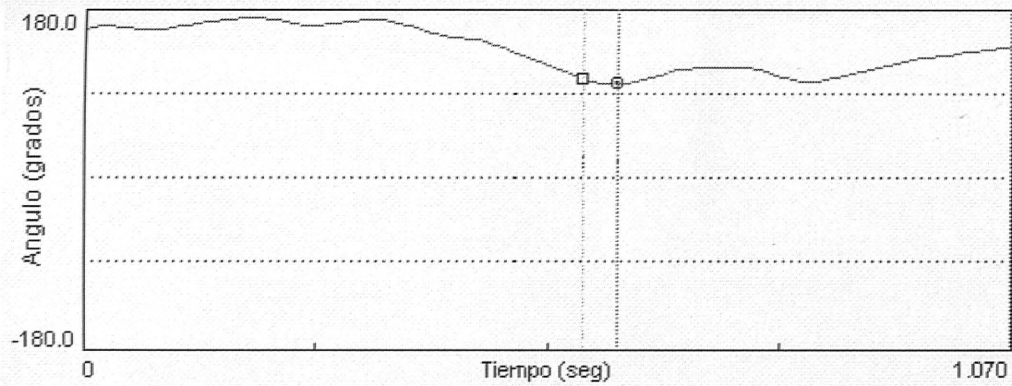
..... Momento de máxima rotación de tronco

— Ángulo flexión codo

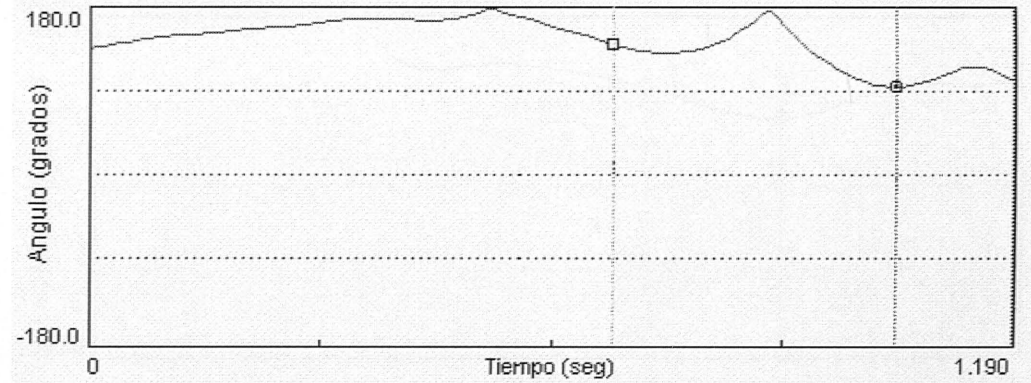
..... Momento de máxima rotación de tronco

Sujeto 01

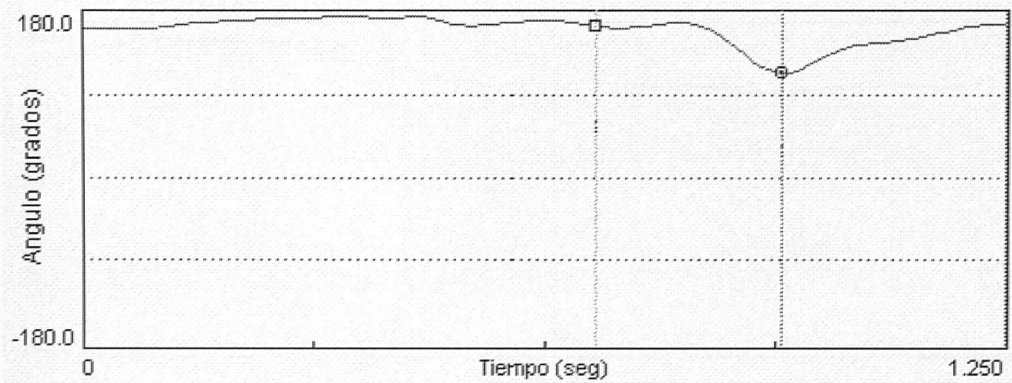
Bext.Rejec Izquierda



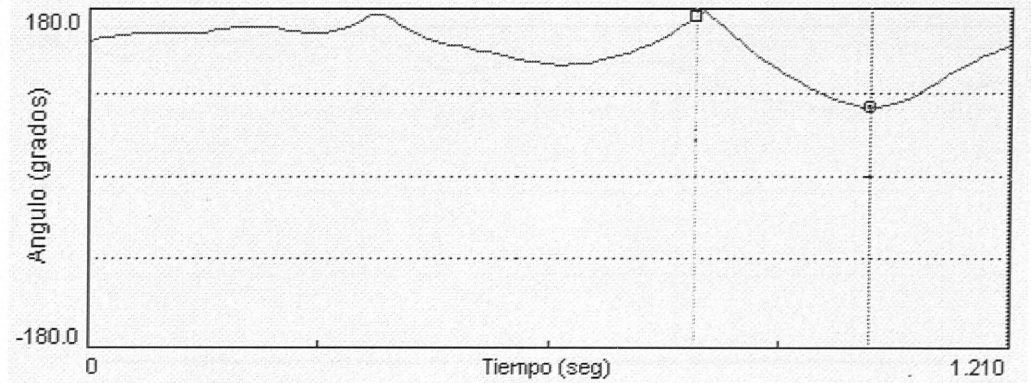
Bext.Rejec Derecha



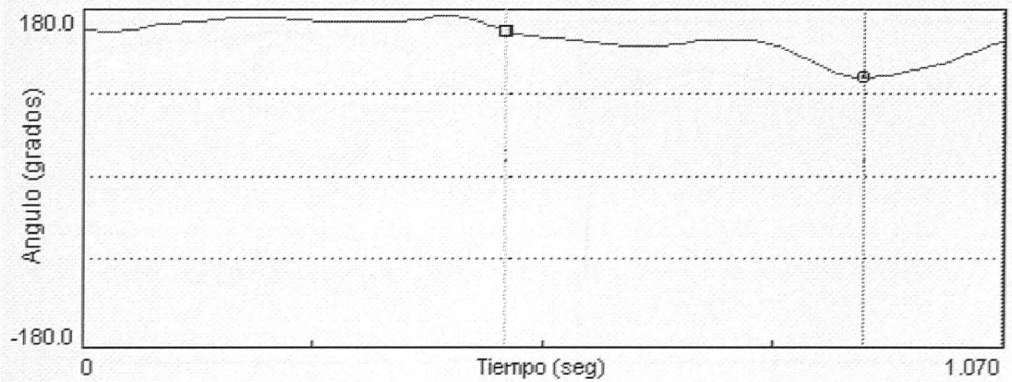
Bflex.Rnoejec Izquierda



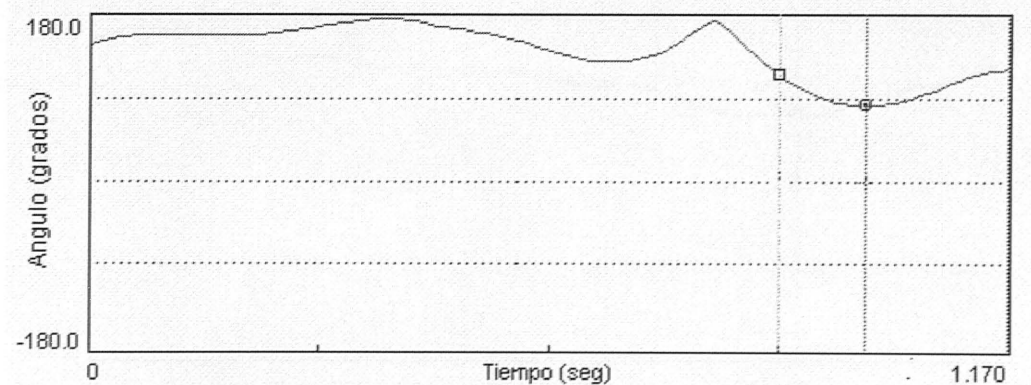
Bflex.Rnoejec Derecha



Bflex.Rejec Izquierda



Bflex.Rejec Derecha

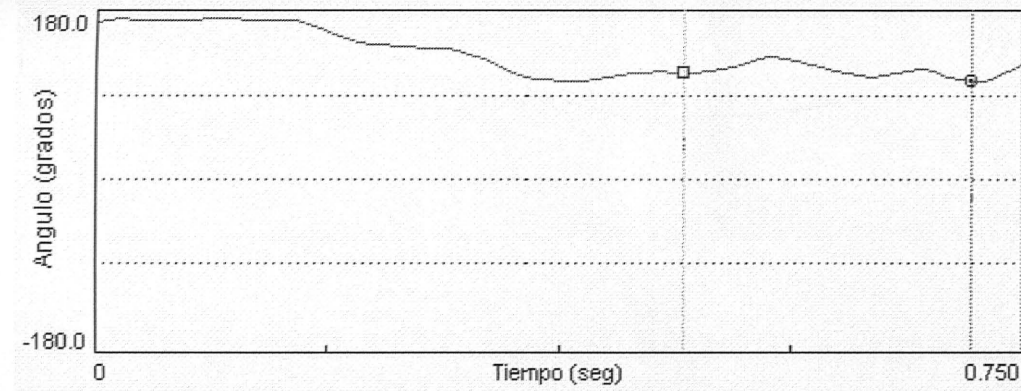


— Ángulo flexión codo

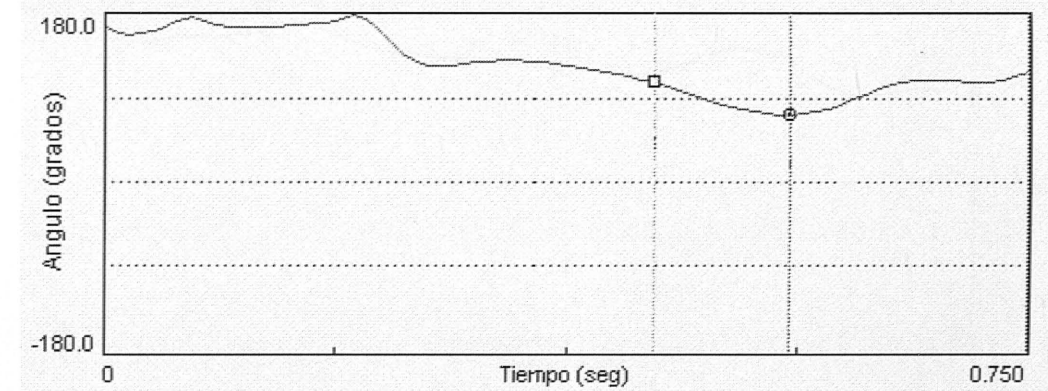
..... Momento de máxima rotación de tronco

..... Momento de máxima flexión de codo

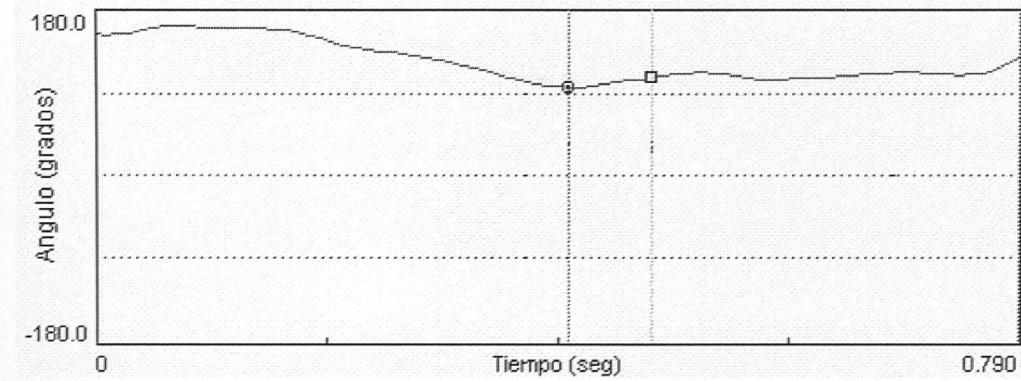
Sujeto 06  
NRdom Izquierda



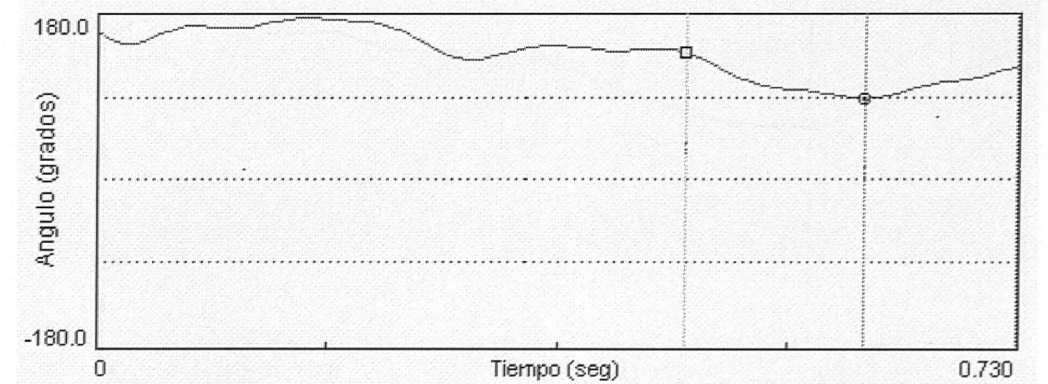
NRdom Derecha



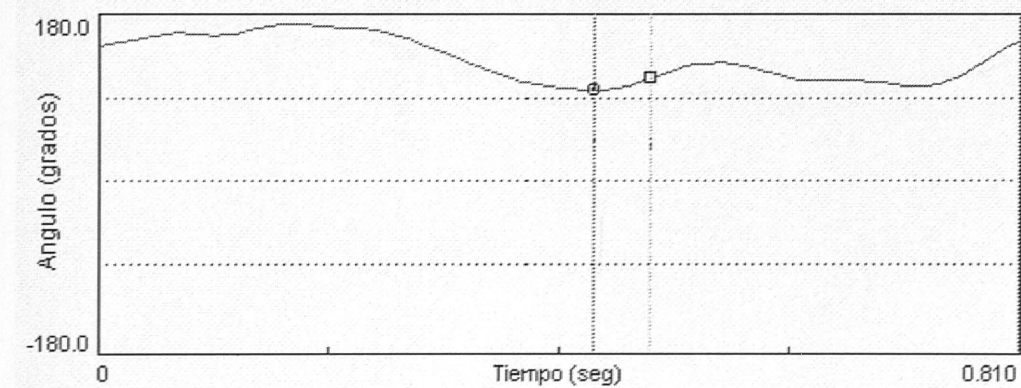
NRnodom Izquierda



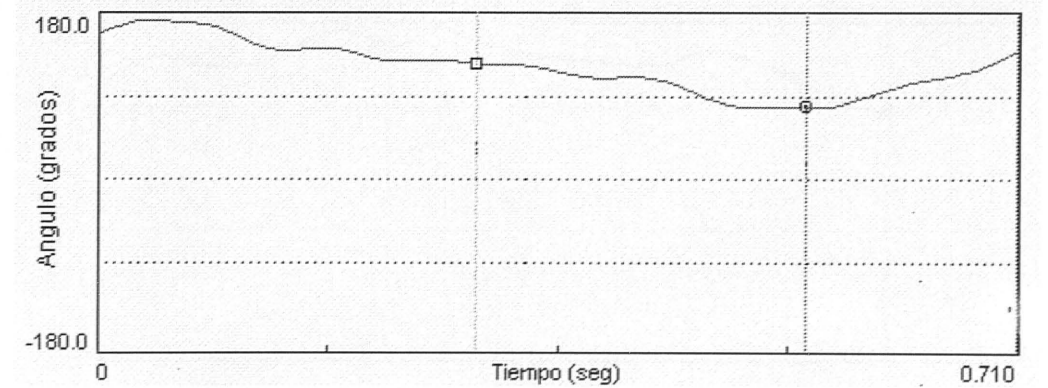
NRnodom Derecha



NSR Izquierda



NSR Derecha

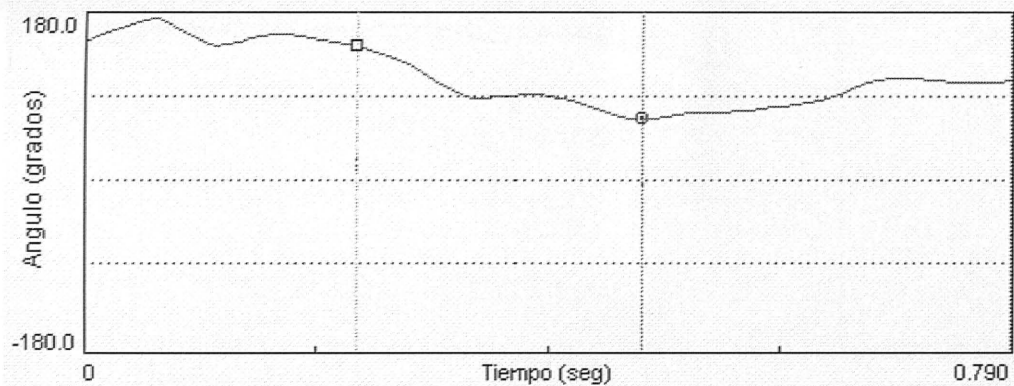


— Angulo flexión codo

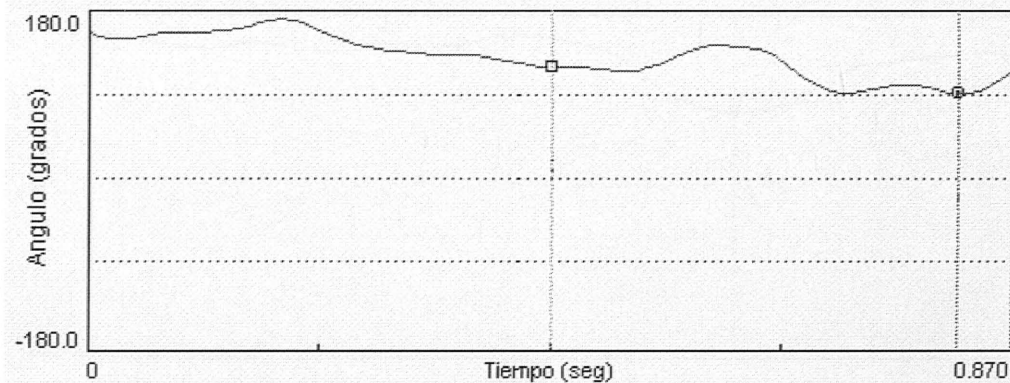
..... Momento de máxima rotación de tronco

..... Momento de máxima flexión de codo

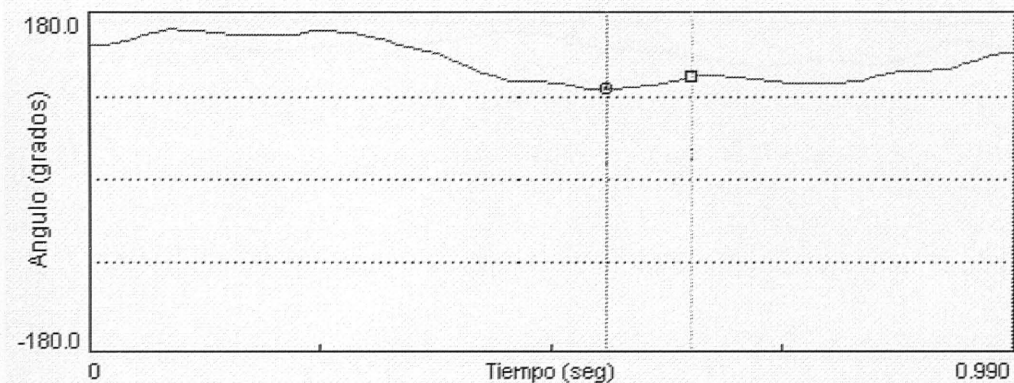
Sujeto 06  
Bext.Rejec Izquierda



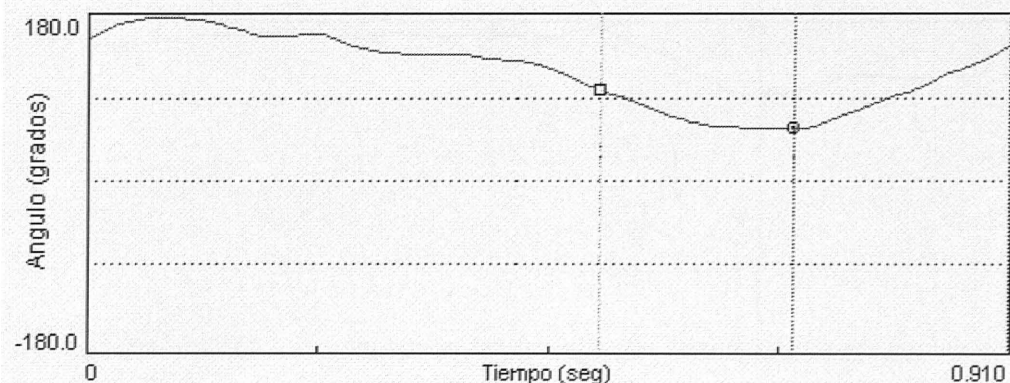
Bext.Rejec Derecha



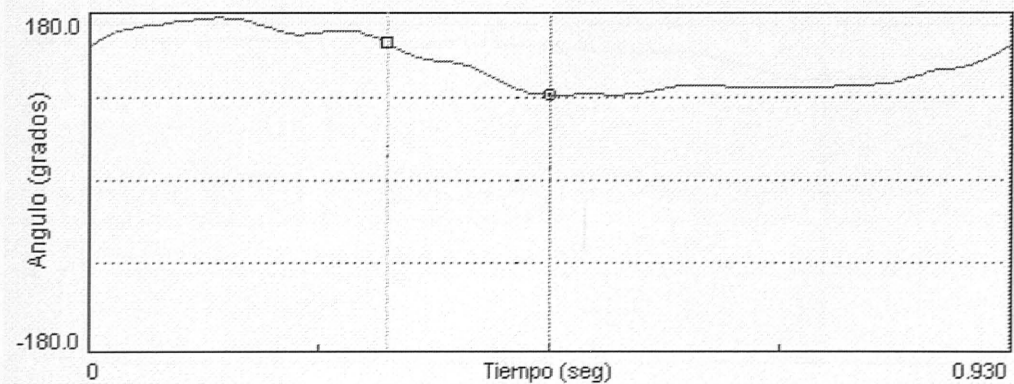
Bflex.Rnoeje Izquierda



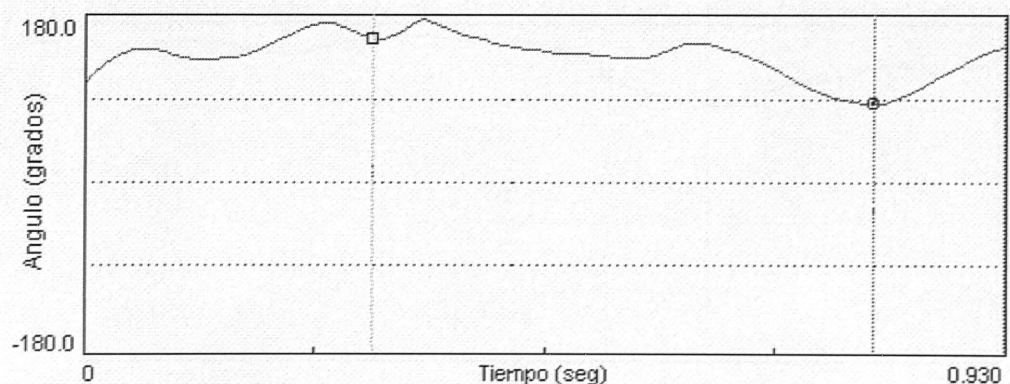
Bflex.Rnoeje Derecha



Bflex.Rejec Izquierda



Bflex.Rejec Derecha



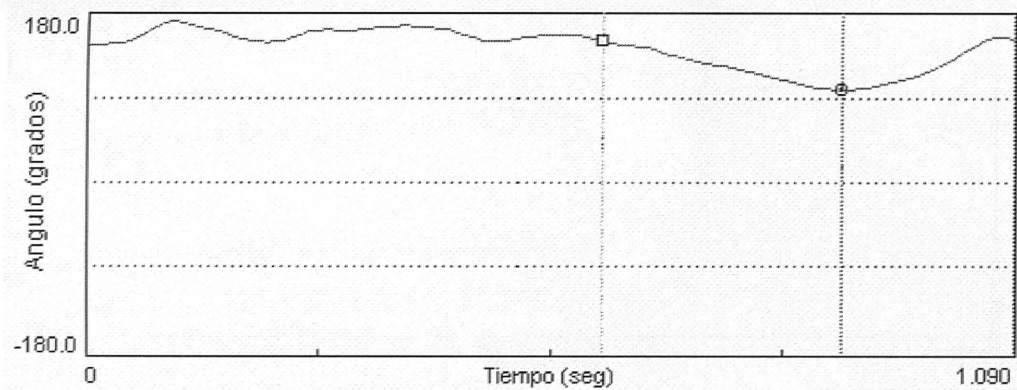
— Ángulo flexión codo

.....Momento de máxima rotación de tronco

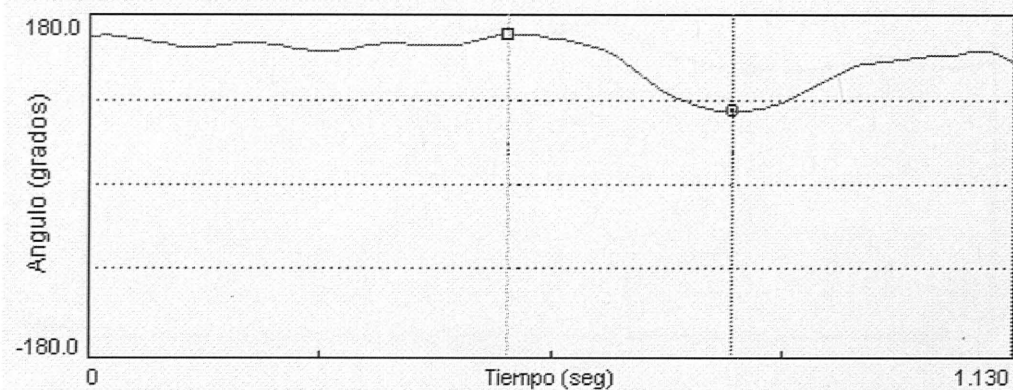
..... Momento de máxima flexión de codo

Sujeto 07

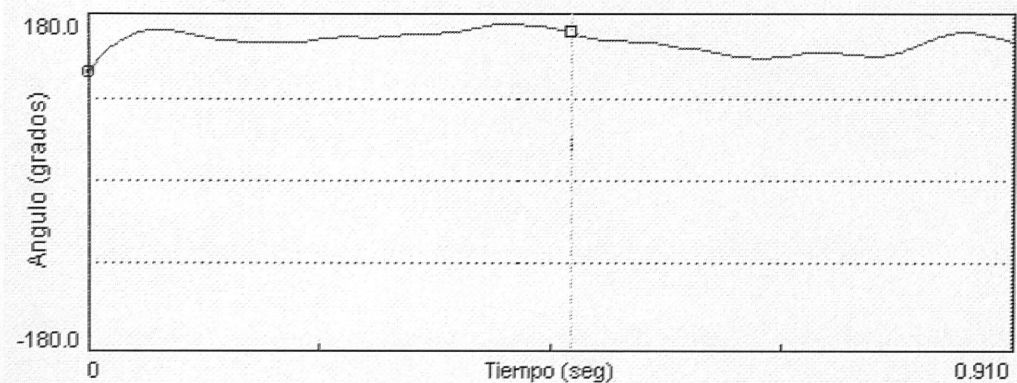
NRdom Izquierda



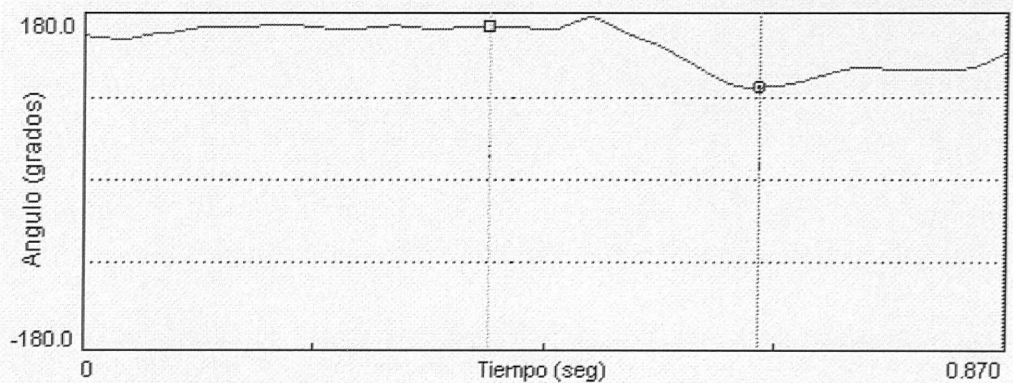
NRdom Derecha



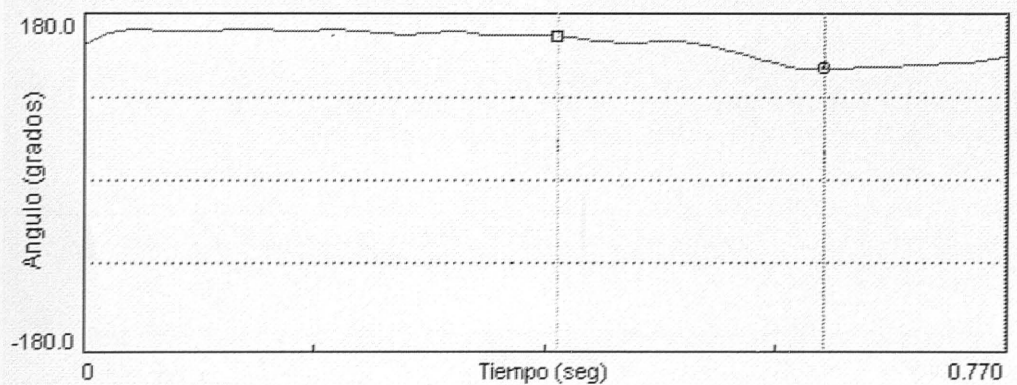
NRnodom Izquierda



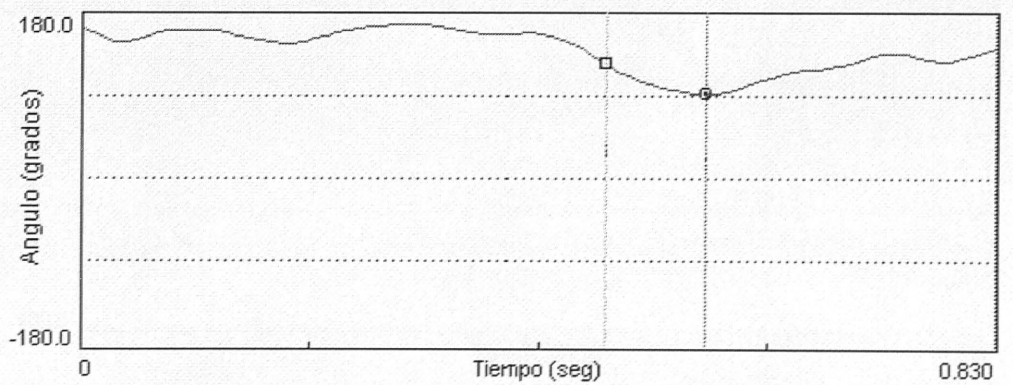
NRnodom Derecha



NSR Izquierda



NSR Derecha



\_ Ángulo flexión codo

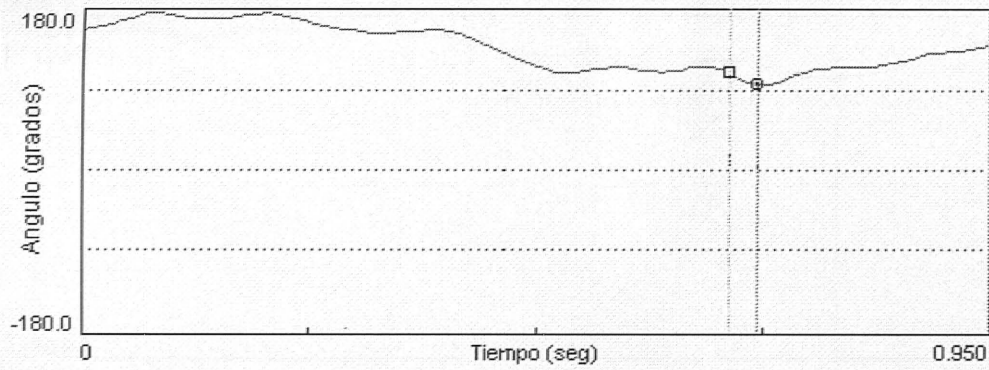
.....Momento de máxima rotación de tronco

..... Momento de máxima flexión de codo

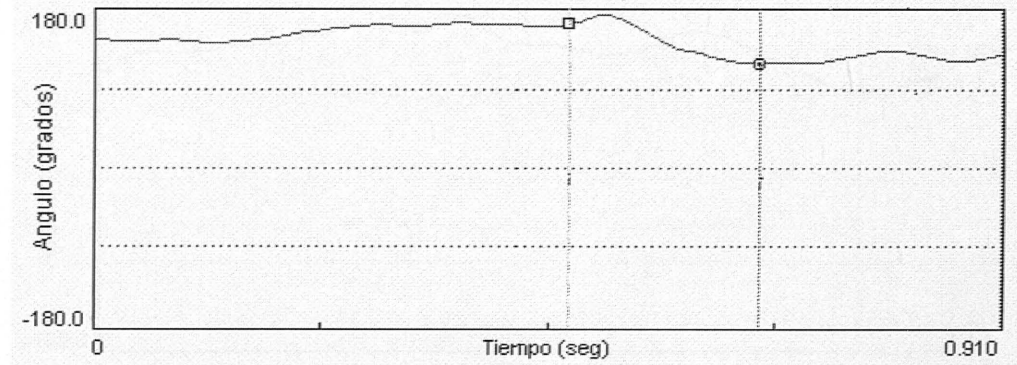
LVI

Sujeto 07

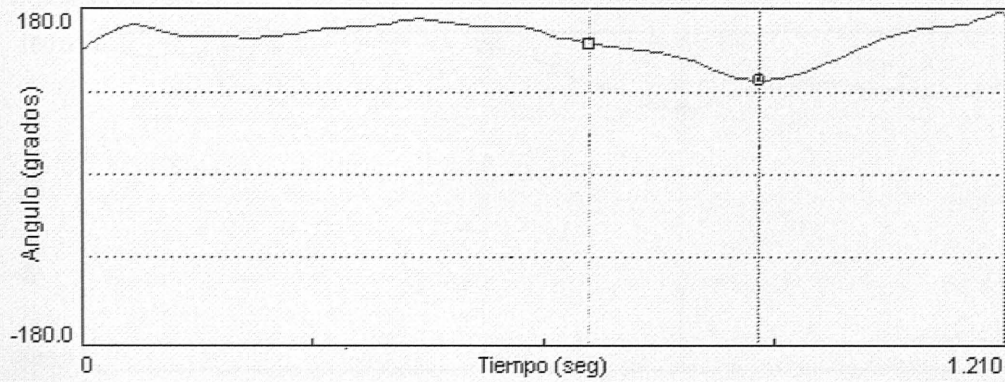
Bext.Rejec Izquierda



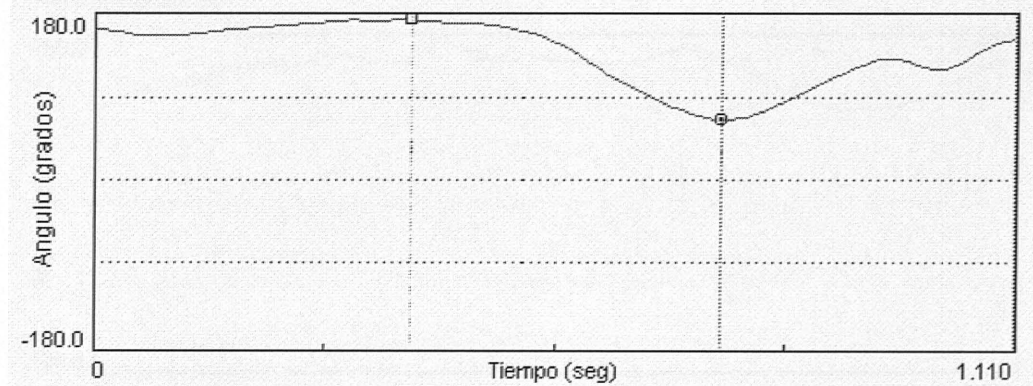
Bext.Rejec Derecha



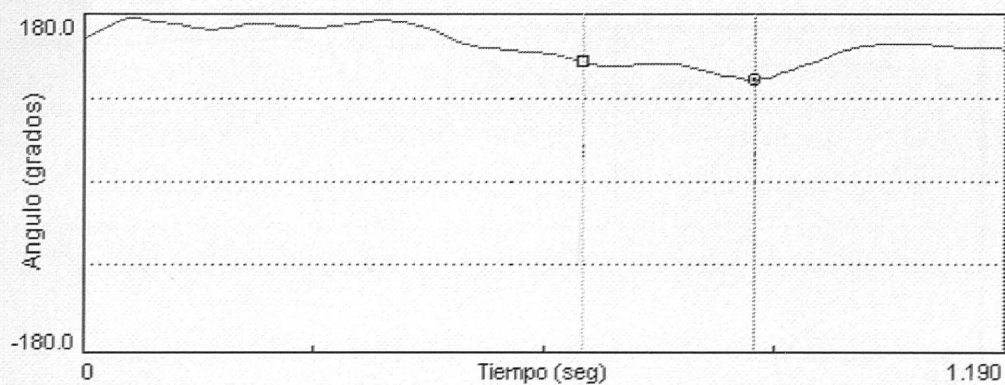
Bflex.Rnoejec Izquierda



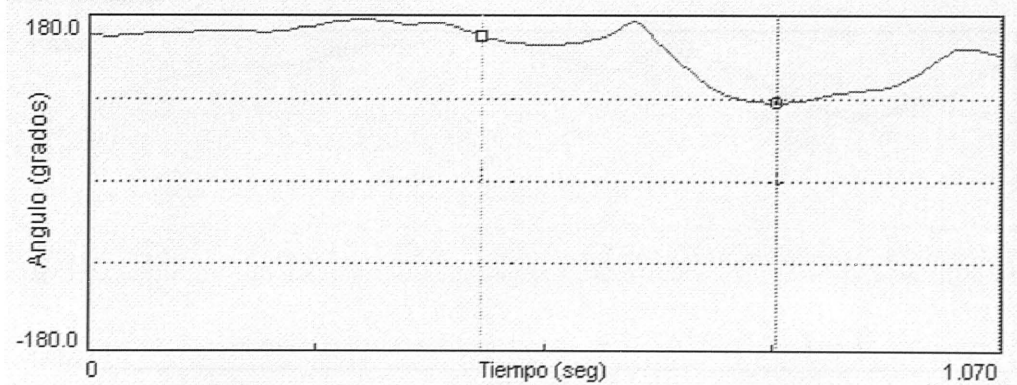
Bflex.Rnoejec Derecha



Bflex.Rejec Izquierda



Bflex.Rejec Derecha

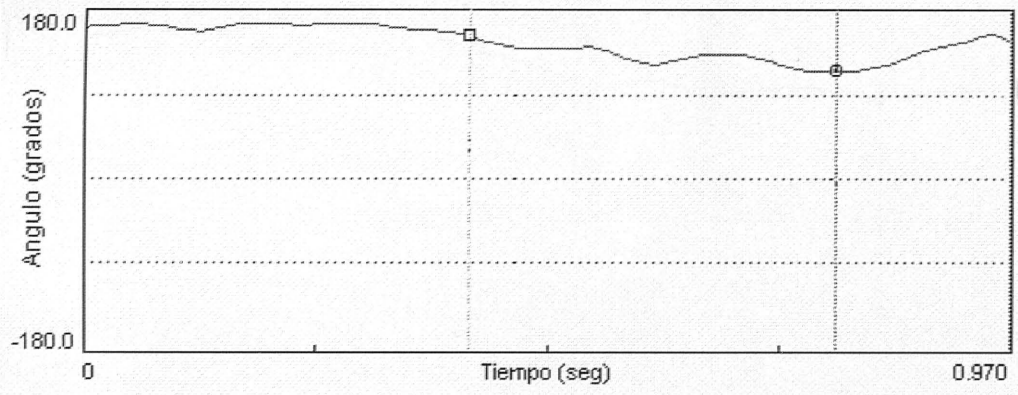


— Ángulo flexión codo

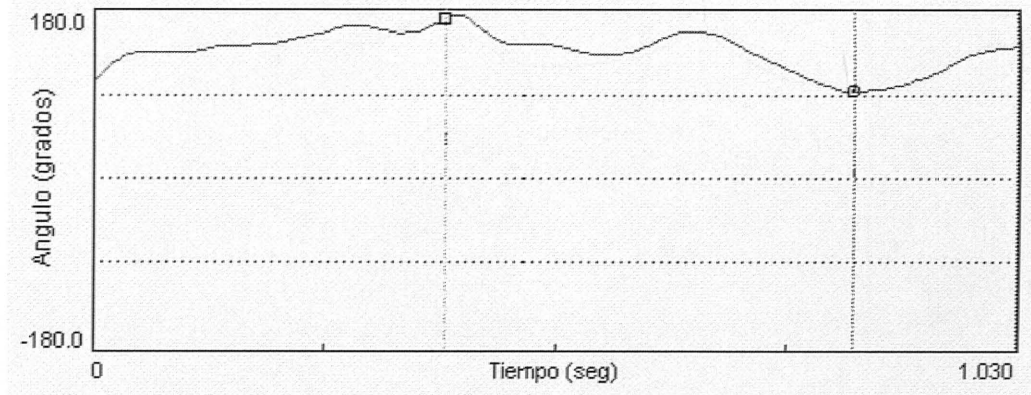
.....Momento de máxima rotación de tronco

..... Momento de máxima flexión de codo

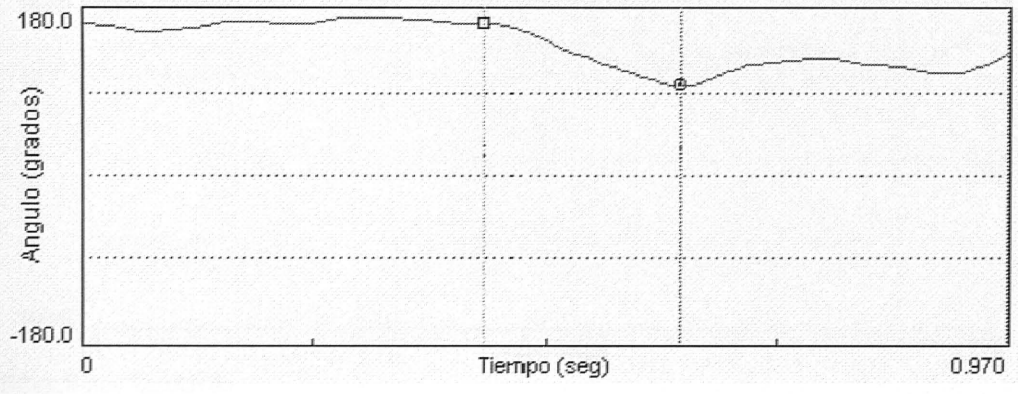
Sujeto 09  
NRdom Izquierda



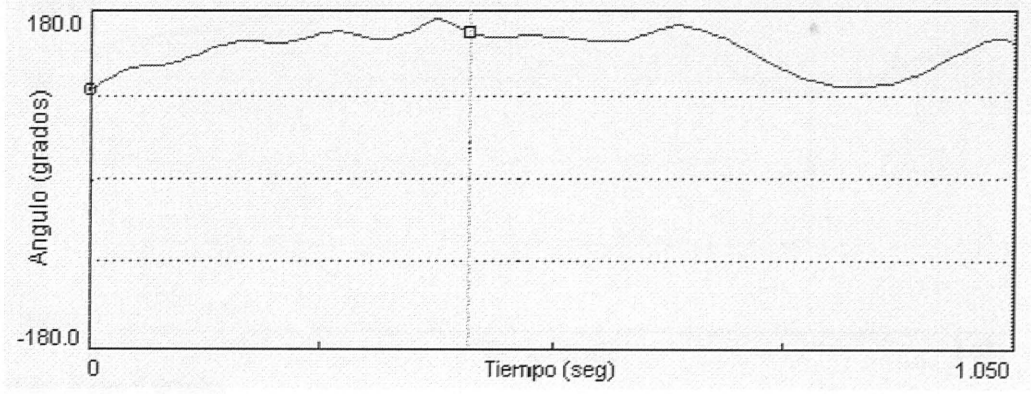
NRdom Derecha



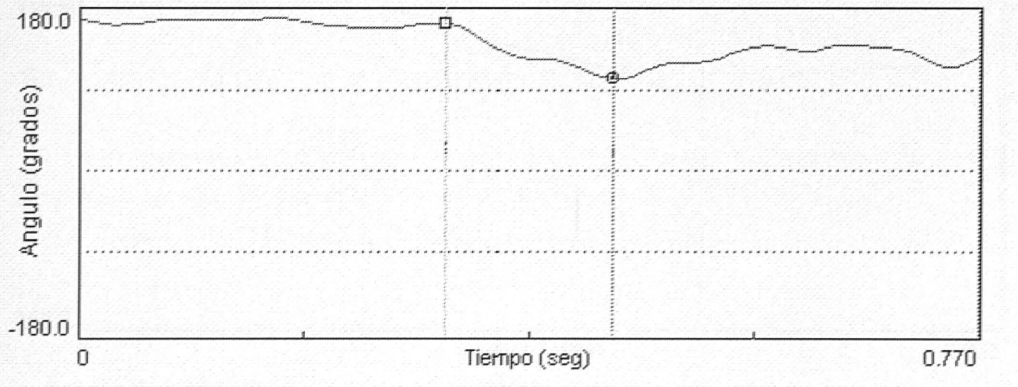
NRnodom Izquierda



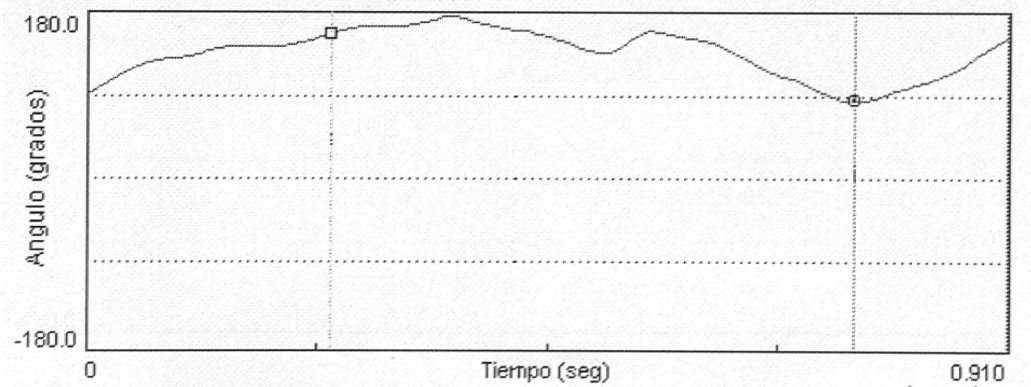
NRnodom Derecha



NSR Izquierda



NSR Derecha

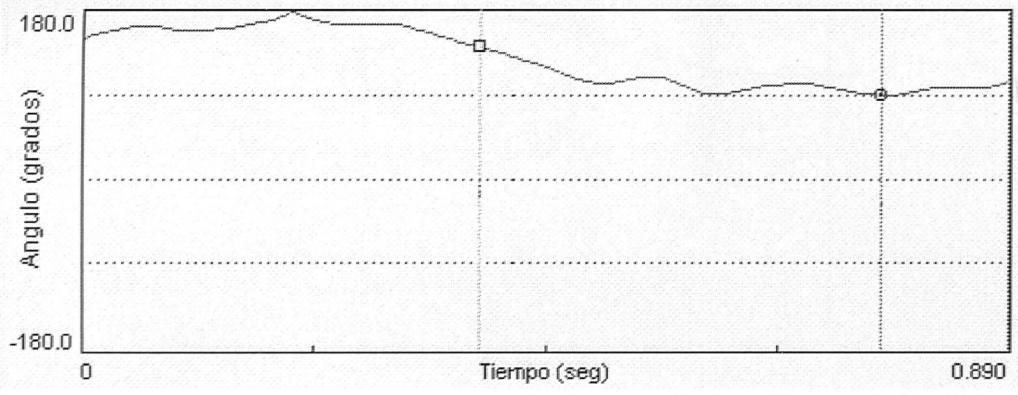


— Ángulo flexión codo      ..... Momento de máxima rotación de tronco

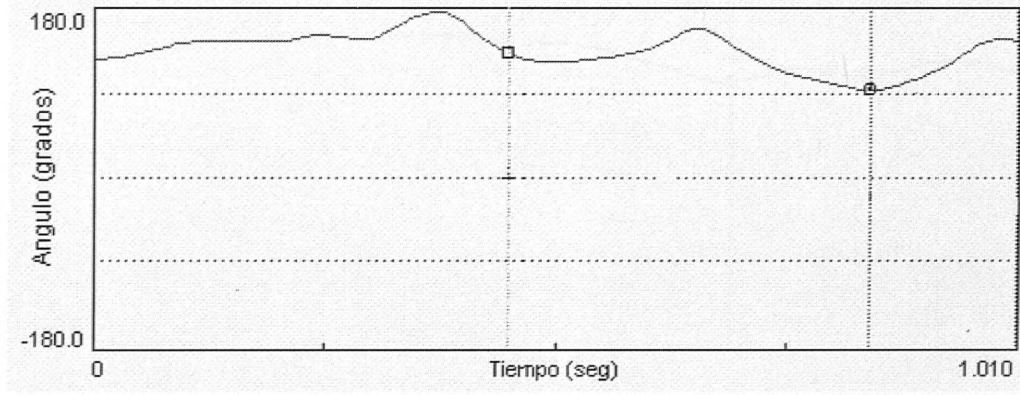
..... Momento de máxima flexión de codo



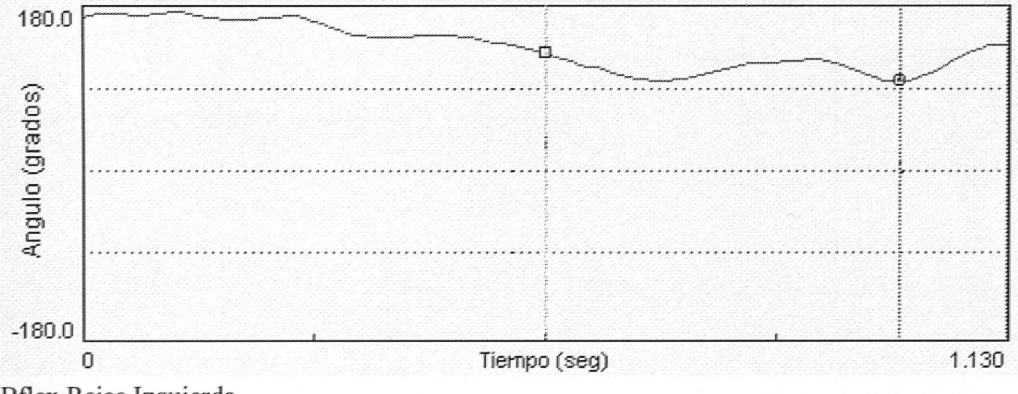
Sujeto 09  
Bext.Rejec Izquierda



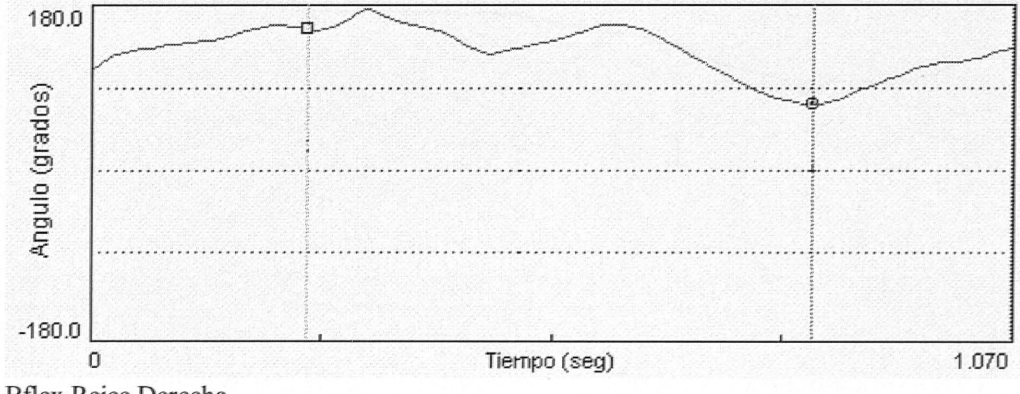
Bext.Rejec Derecha



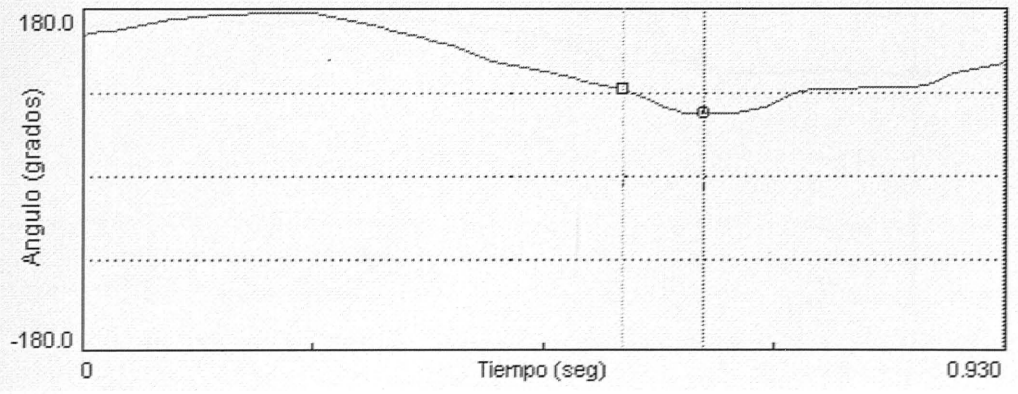
Bflex.Rnoejec Izquierda



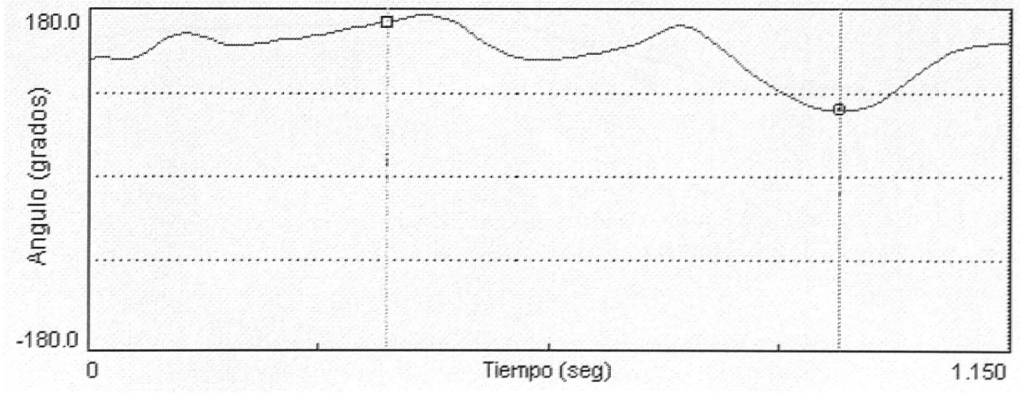
Bflex.Rnoejec Derecha



Bflex.Rejec Izquierda



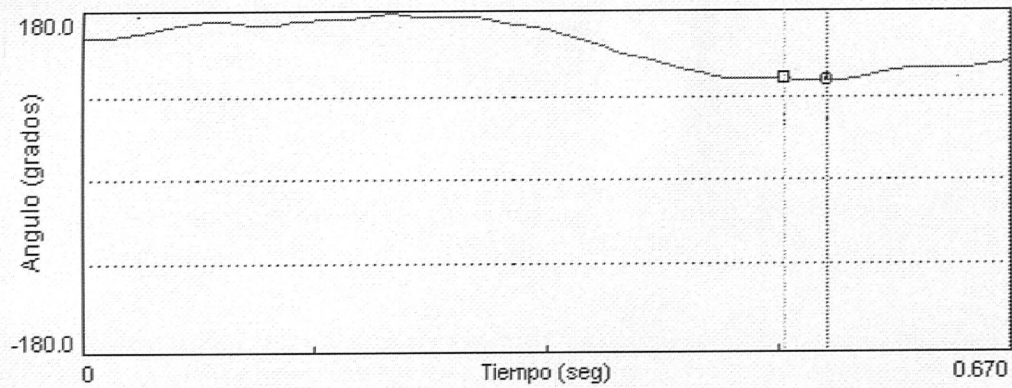
Bflex.Rejec Derecha



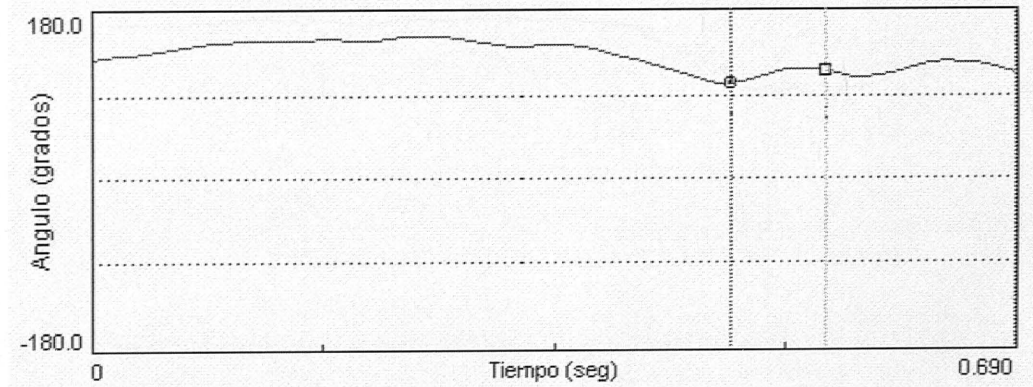
— Ángulo flexión codo      .....Momento de máxima rotación de tronco

..... Momento de máxima flexión de codo

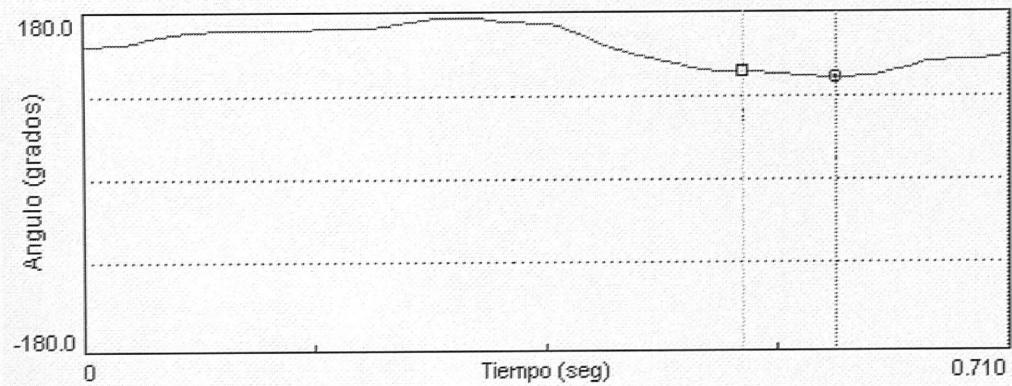
Sujeto 10  
NRdom Izquierda



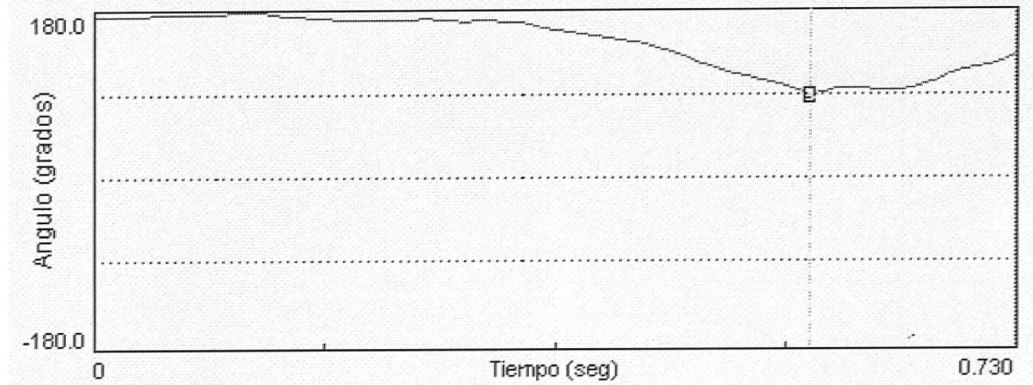
NRdom Derecha



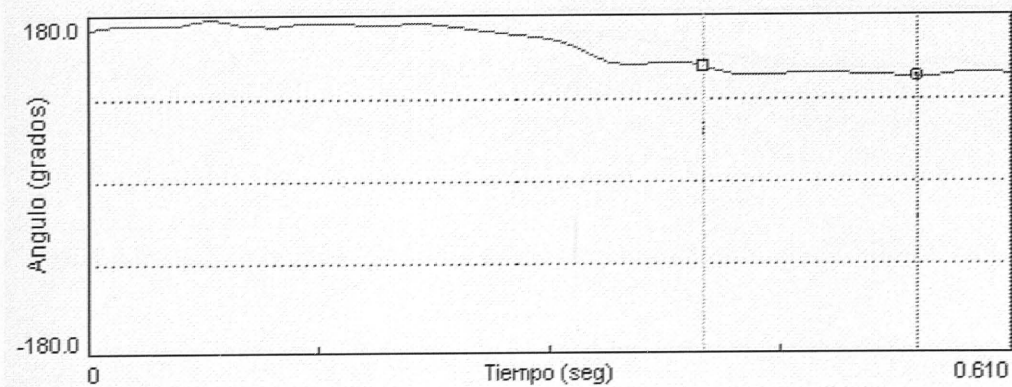
NRnodom Izquierda



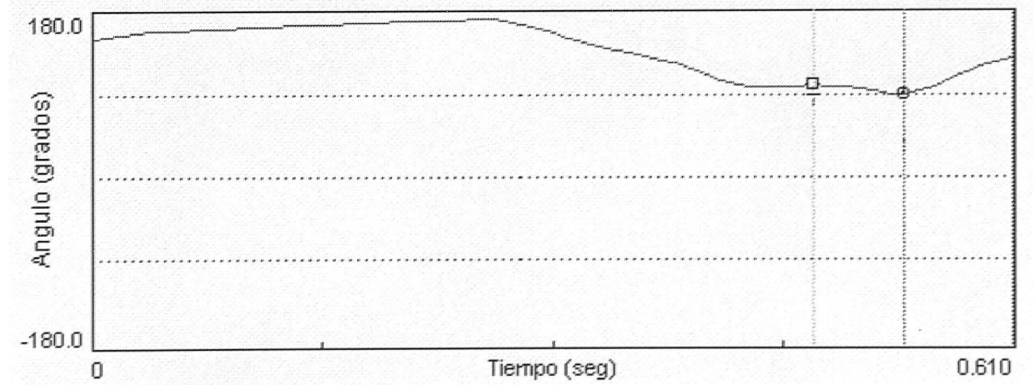
NRnodom Derecha



NSR Izquierda



NSR Derecha

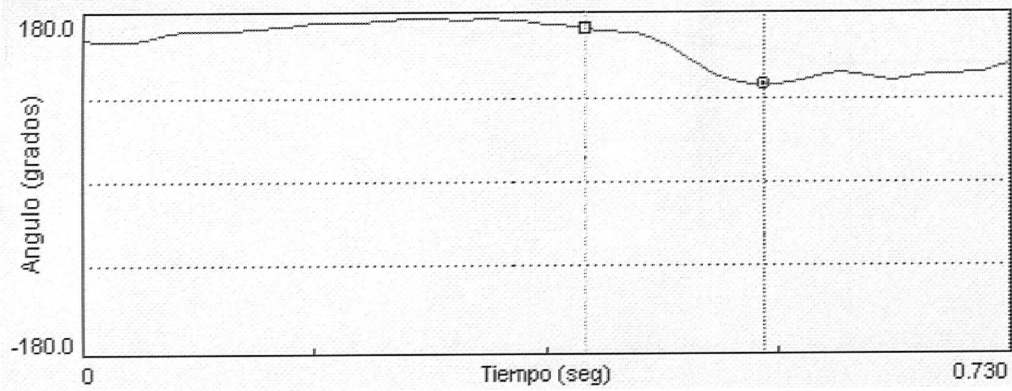


— Ángulo flexión codo

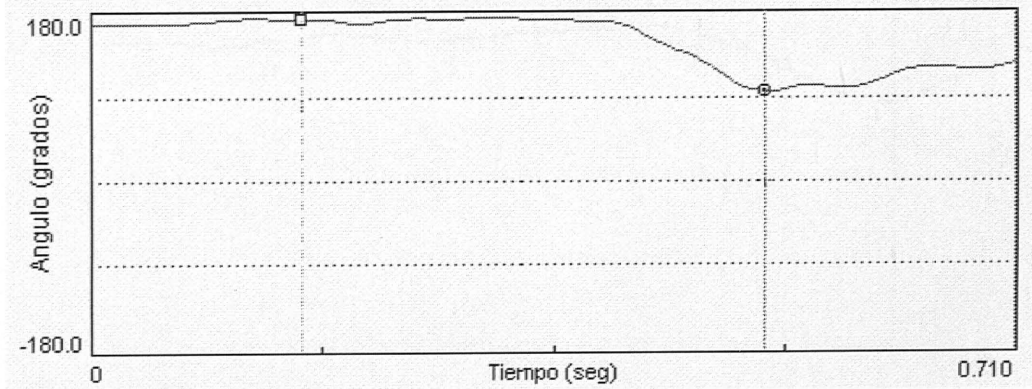
..... Momento de máxima rotación de tronco

..... Momento de máxima flexión de codo

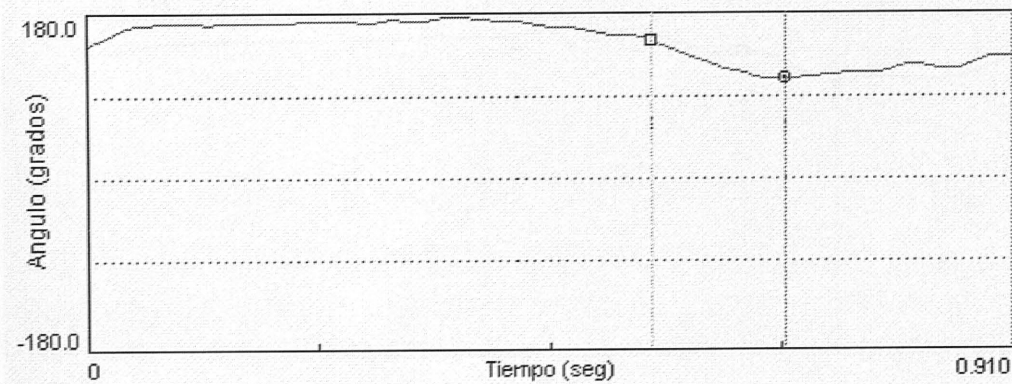
Sujeto 10  
Bext.Rejec Izquierda



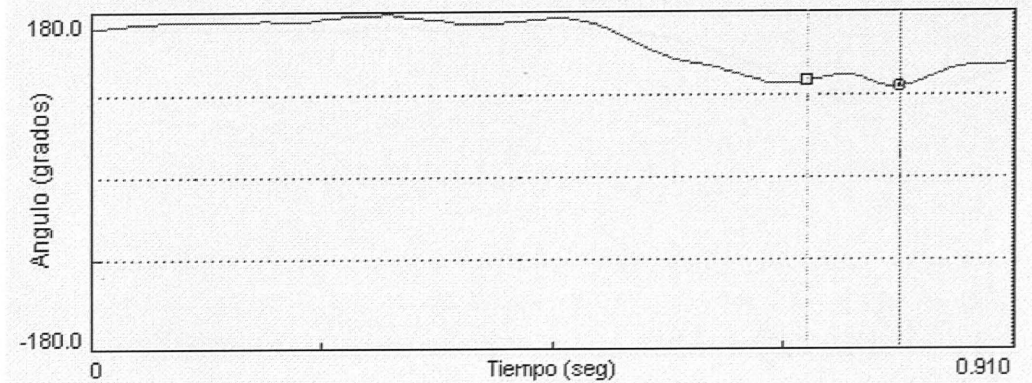
Bext.Rejec Derecha



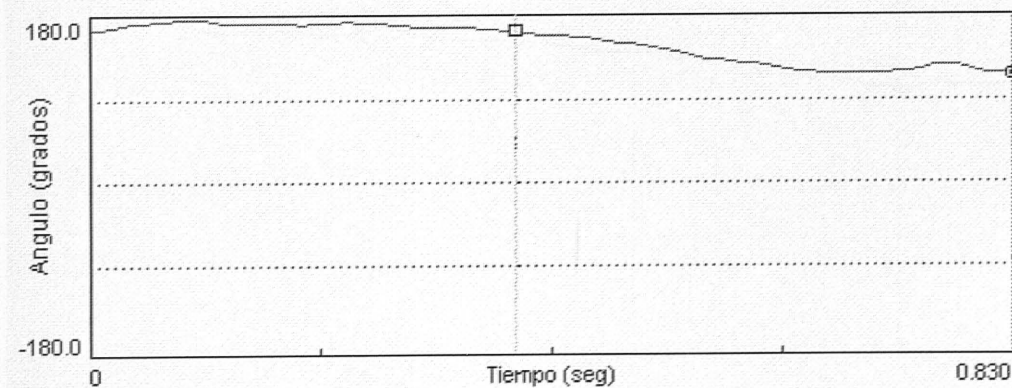
Bflex.Rnojec Izquierda



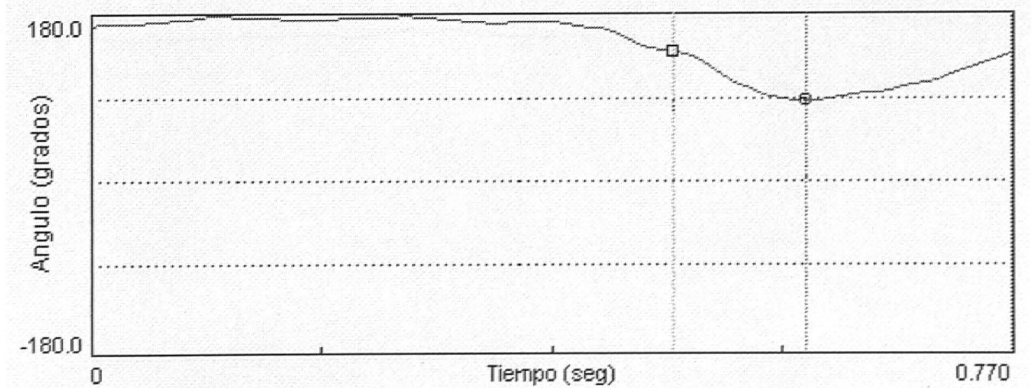
Bflex.Rnojec Derecha



Bflex.Rejec Izquierda



Bflex.Rejec Derecha

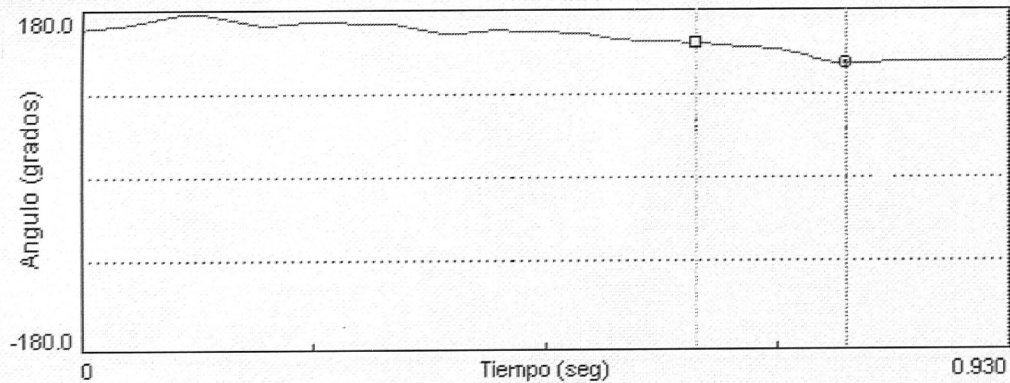


— Angulo flexión codo

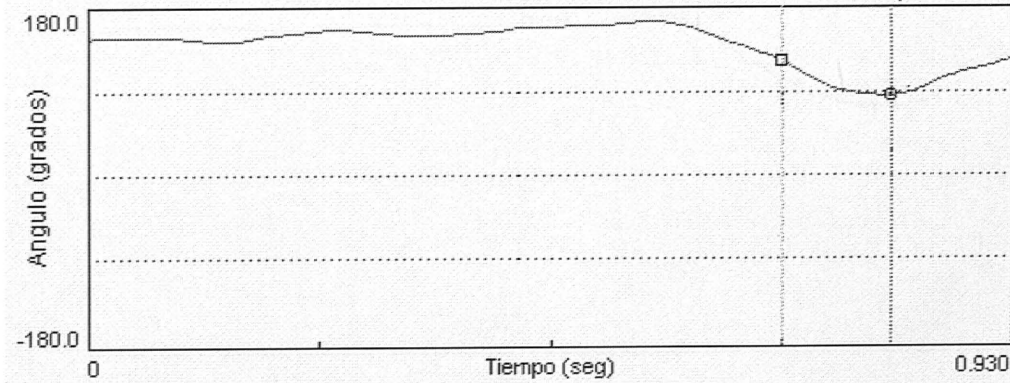
..... Momento de máxima rotación de tronco

..... Momento de máxima flexión de codo

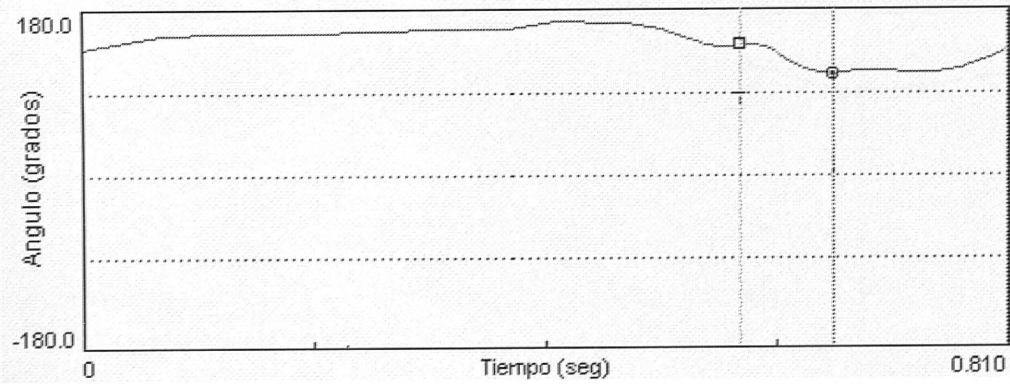
Sujeto 11  
NRdom Izquierda



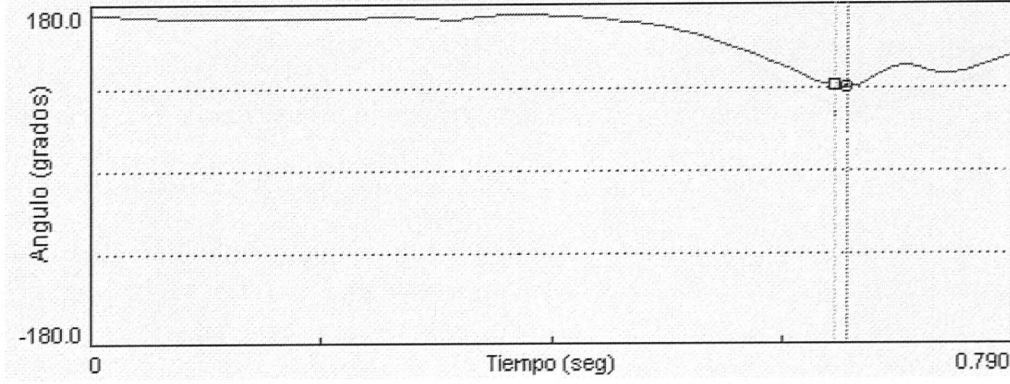
NRdom Derecha



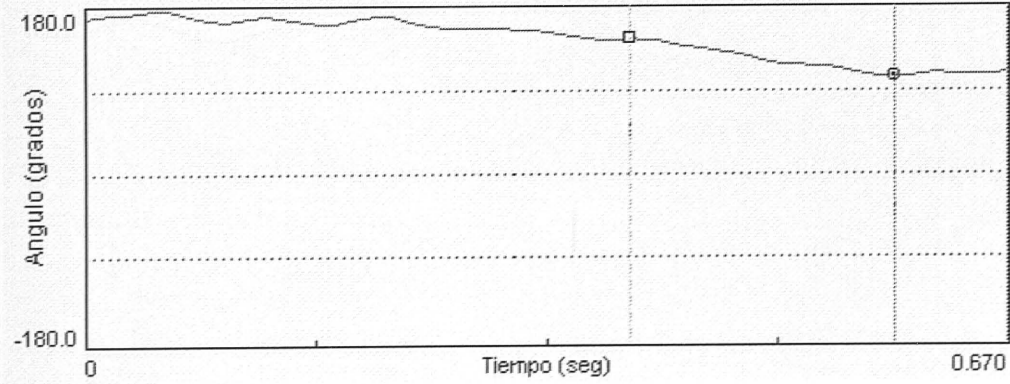
NRnodom Izquierda



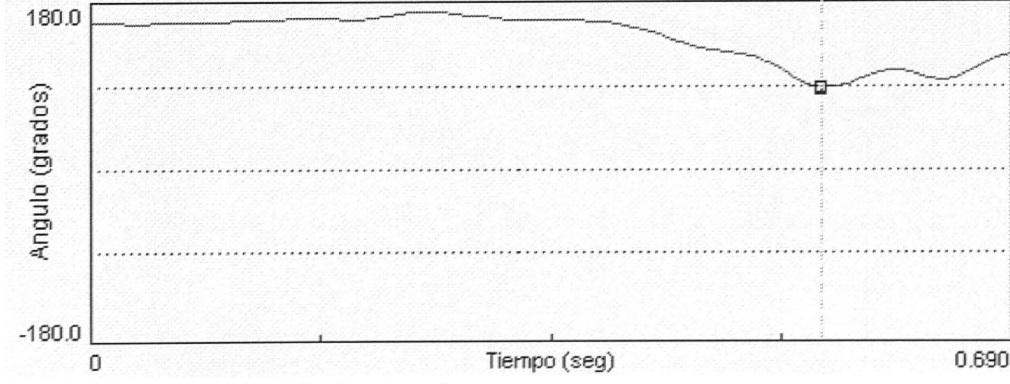
NRnodom Derecha



NSR Izquierda



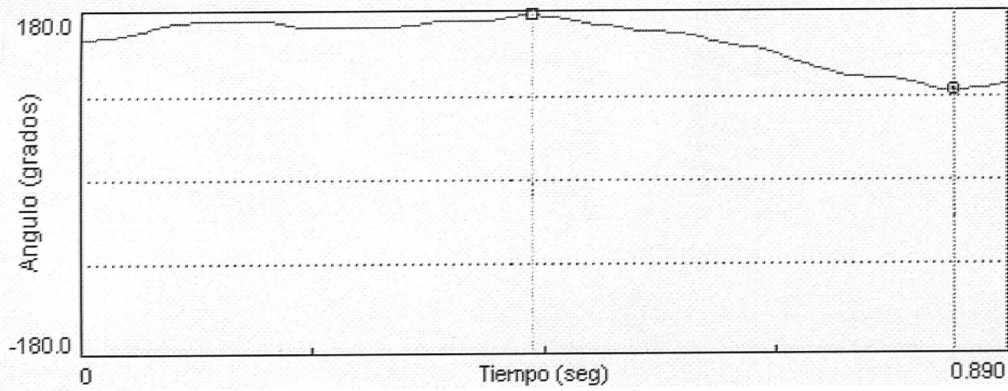
NSR Derecha



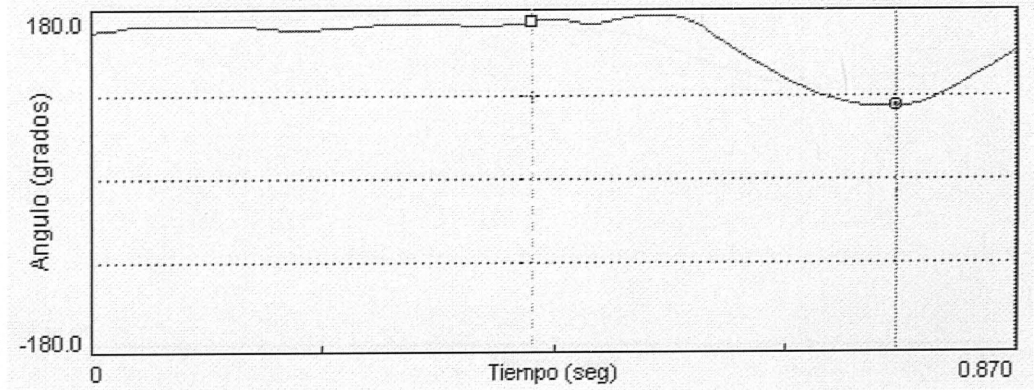
— Ángulo flexión codo      ..... Momento de máxima rotación de tronco

..... Momento de máxima flexión de codo

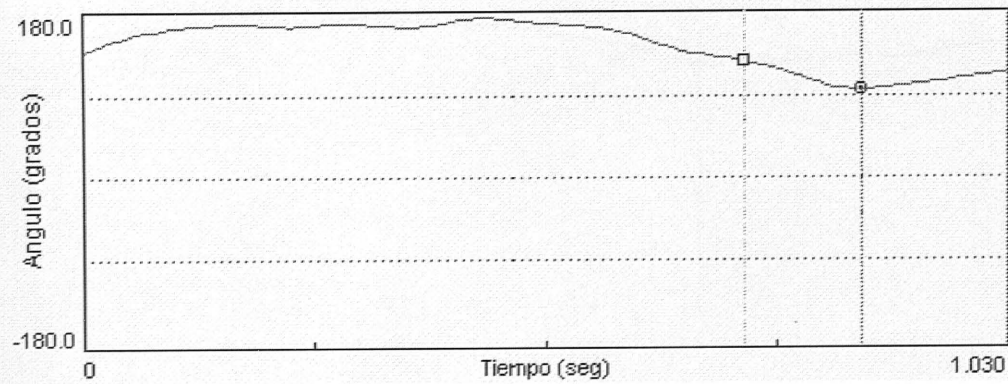
Sujeto 11  
Bext.Rejec Izquierda



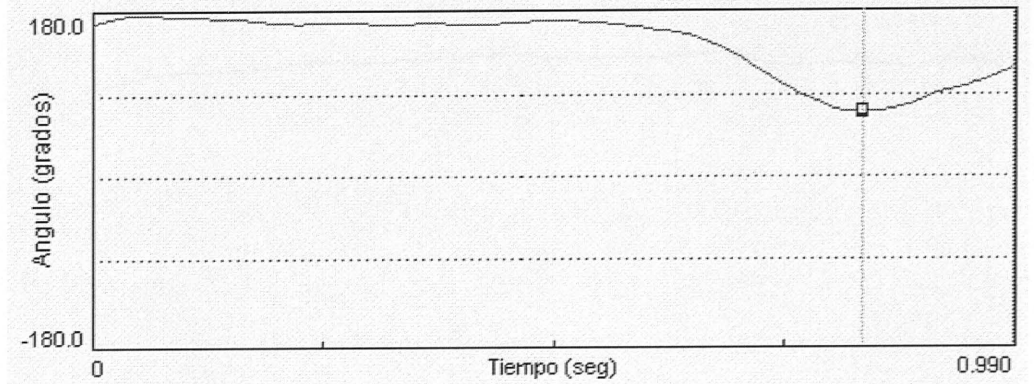
Bext.Rejec Derecha



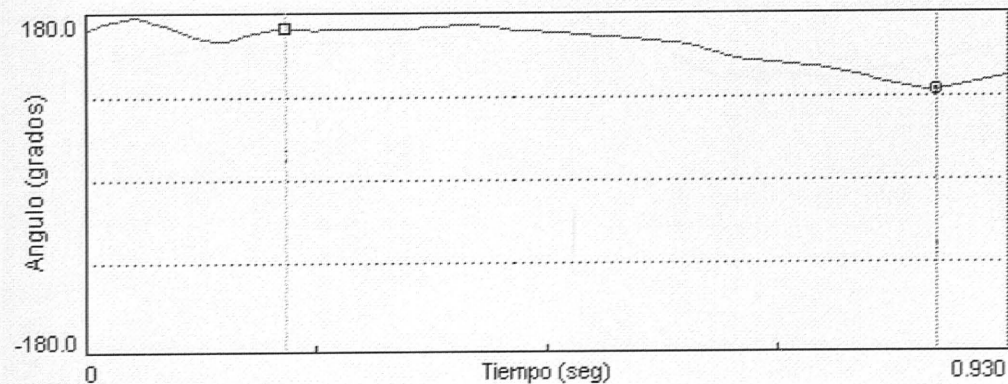
Bflex.Rnoejec Izquierda



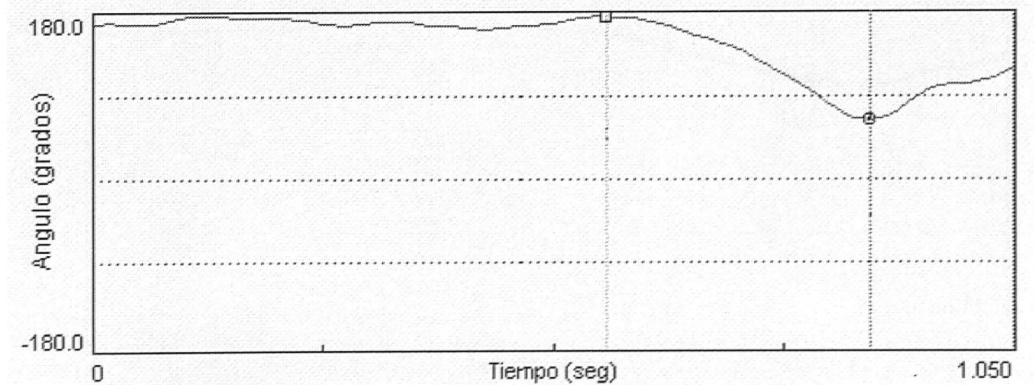
Bflex.Rnoejec Derecha



Bflex.Rejec Izquierda



Bflex.Rejec Derecha



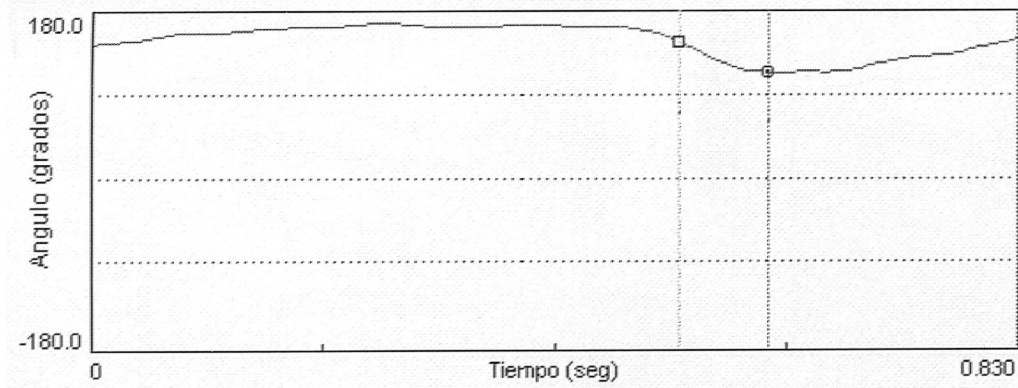
— Angulo flexión codo

..... Momento de máxima rotación de tronco

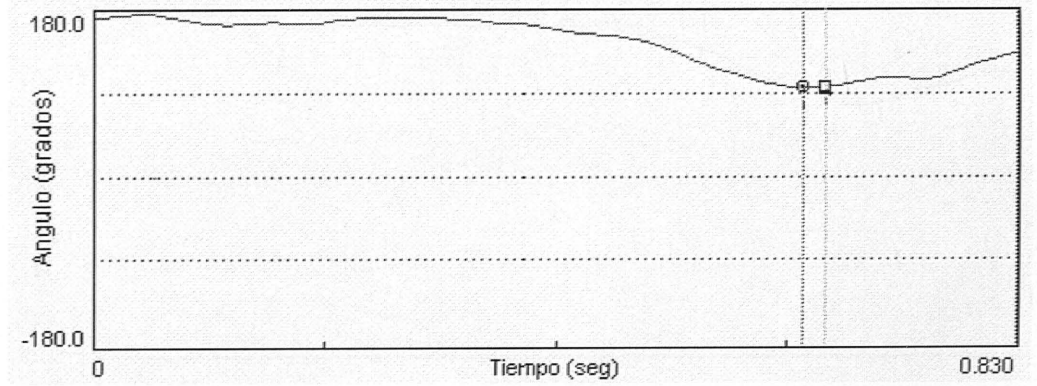
..... Momento de máxima flexión de codo

Sujeto 14

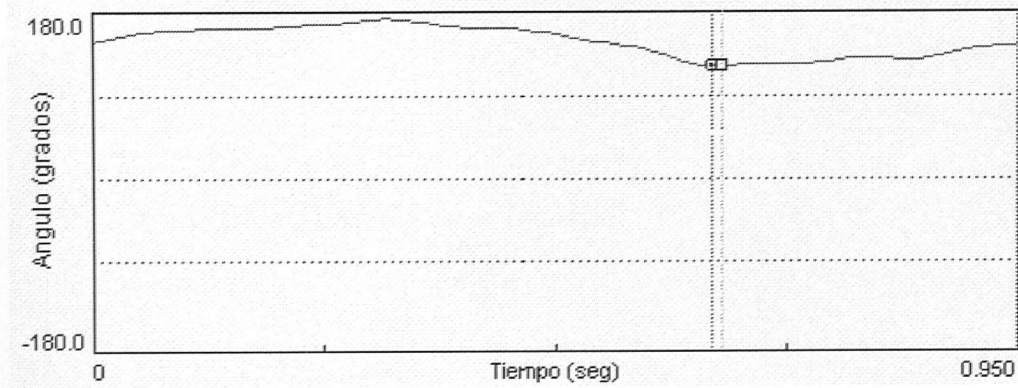
NRdom Izquierda



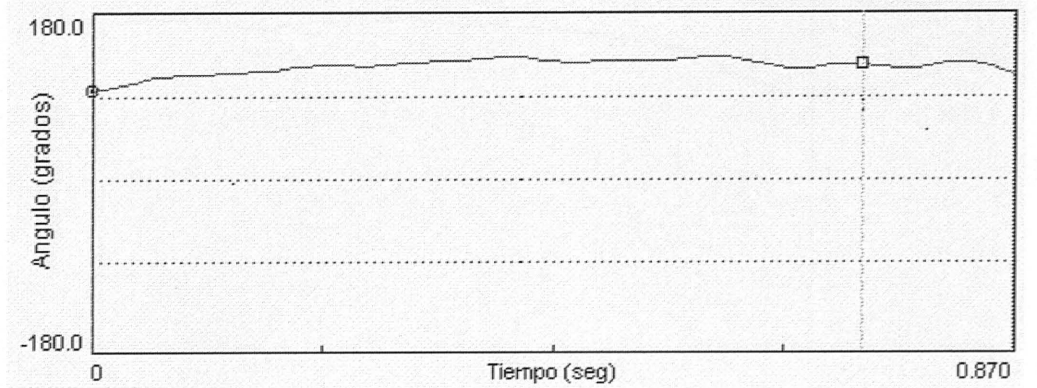
NRdom Derecha



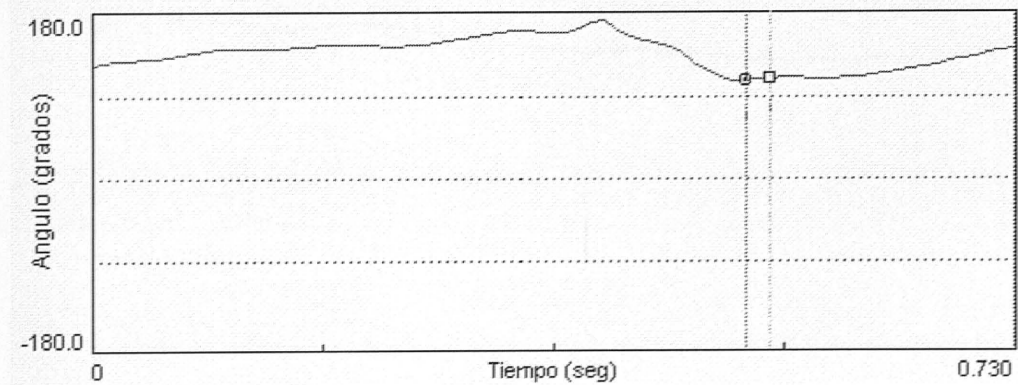
NRnodom Izquierda



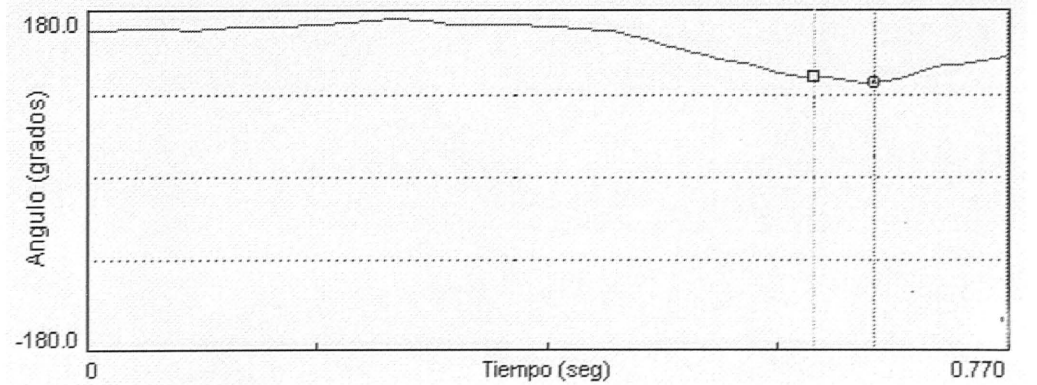
NRnodom Derecha



NSR Izquierda



NSR Derecha



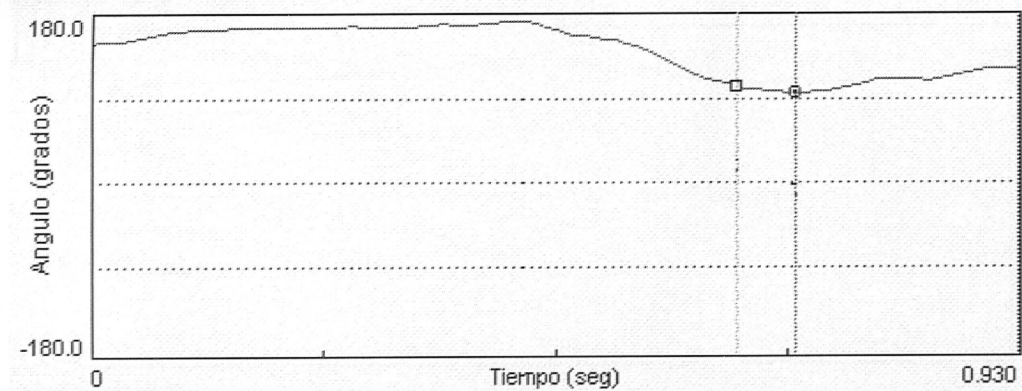
\_\_ Ángulo flexión codo

.....Momento de máxima rotación de tronco

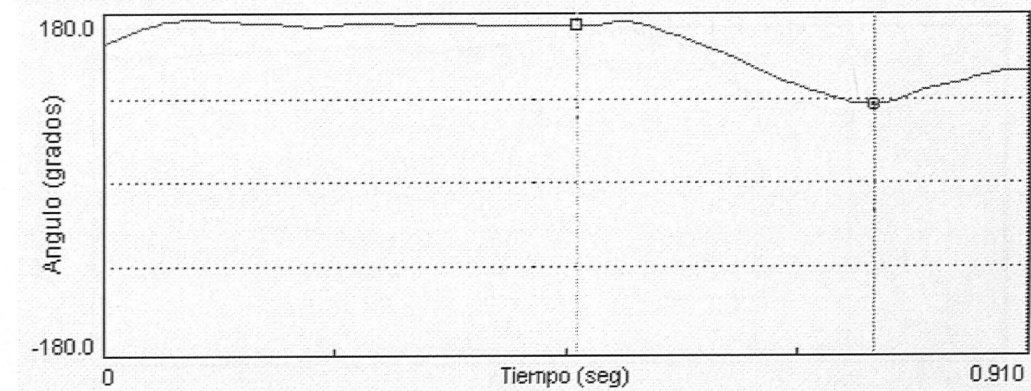
..... Momento de máxima flexión de codo

Sujeto 14

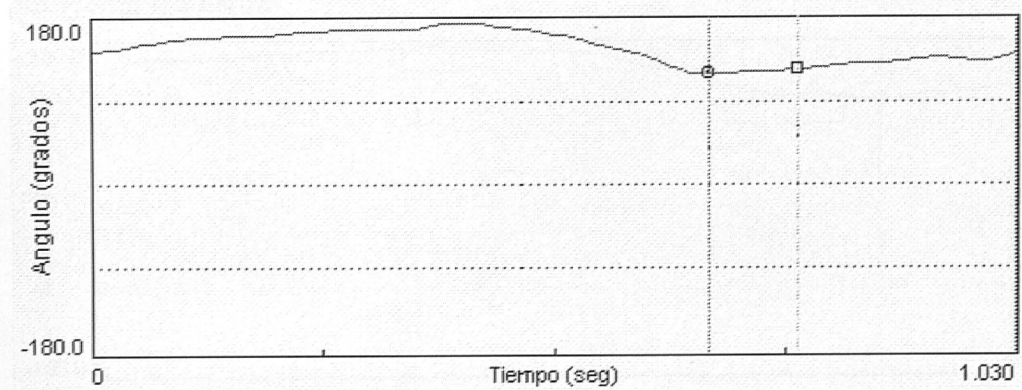
Bext.Rejec Izquierda



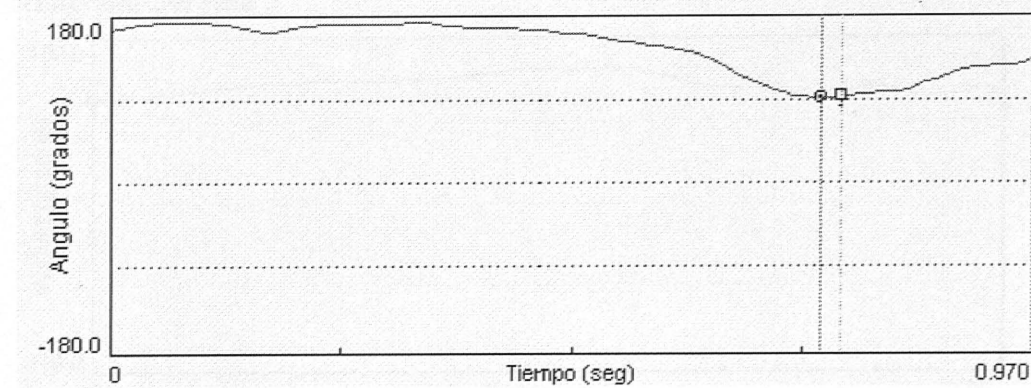
Bext.Rejec Derecha



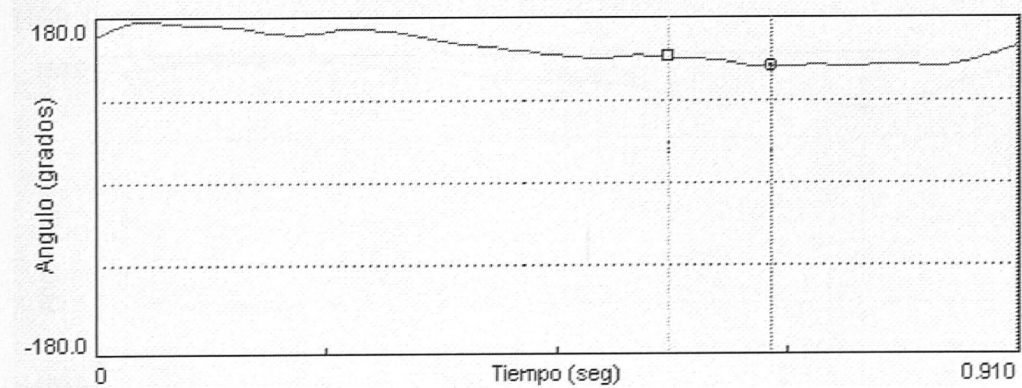
Bflex.Rnoejec Izquierda



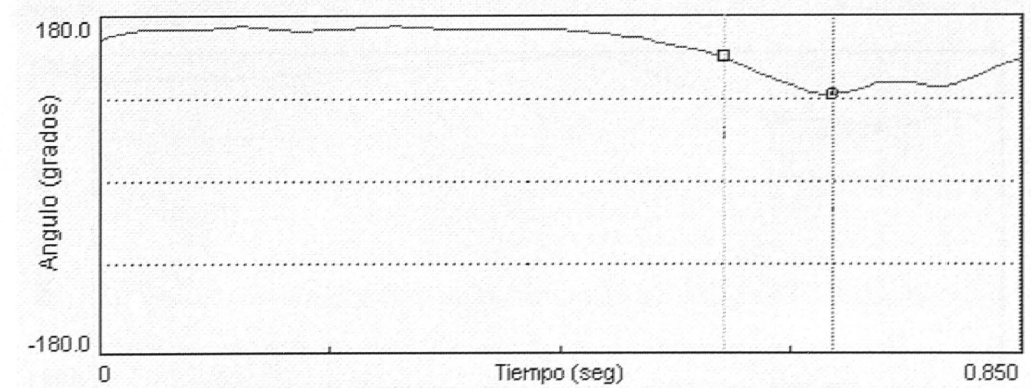
Bflex.Rnoejec Derecha



Bflex.Rejec Izquierda



Bflex.Rejec Derecha

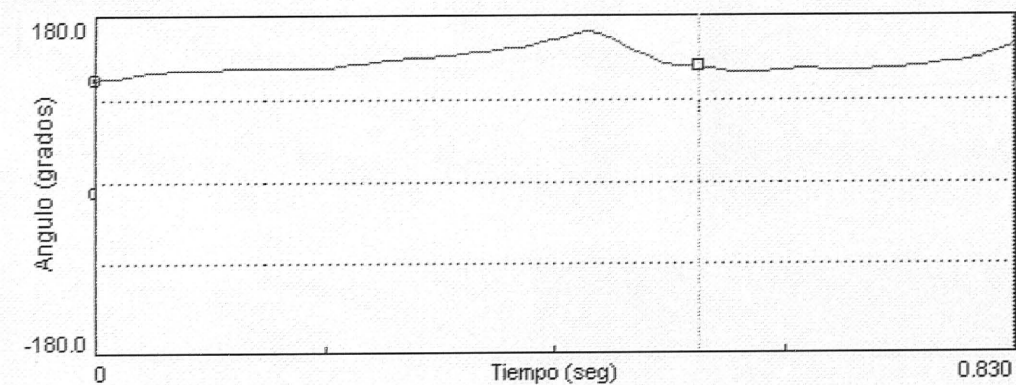


— Ángulo flexión codo

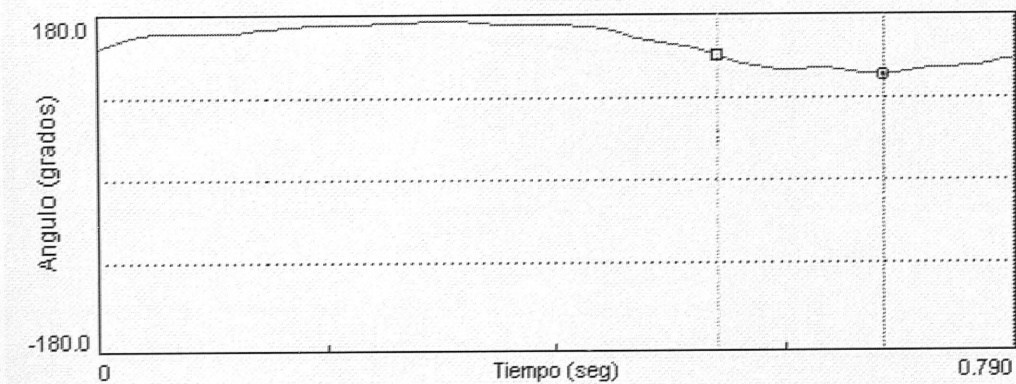
..... Momento de máxima rotación de tronco

..... Momento de máxima flexión de codo

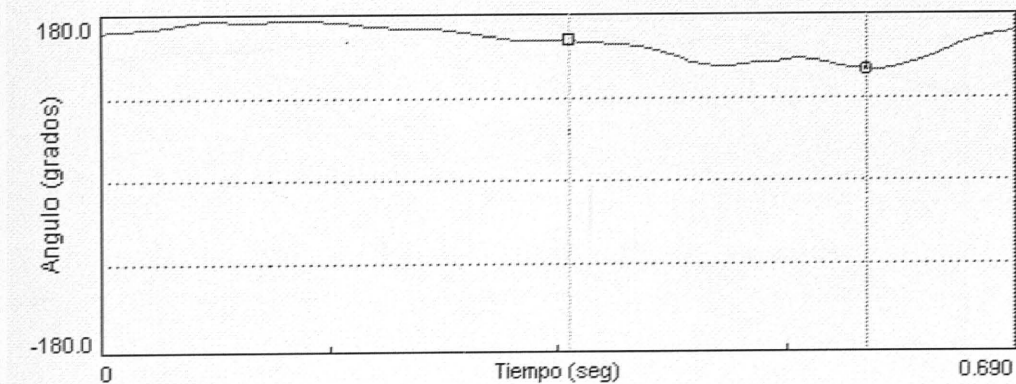
Sujeto 15  
NRdom Izquierda



NRnodom Izquierda



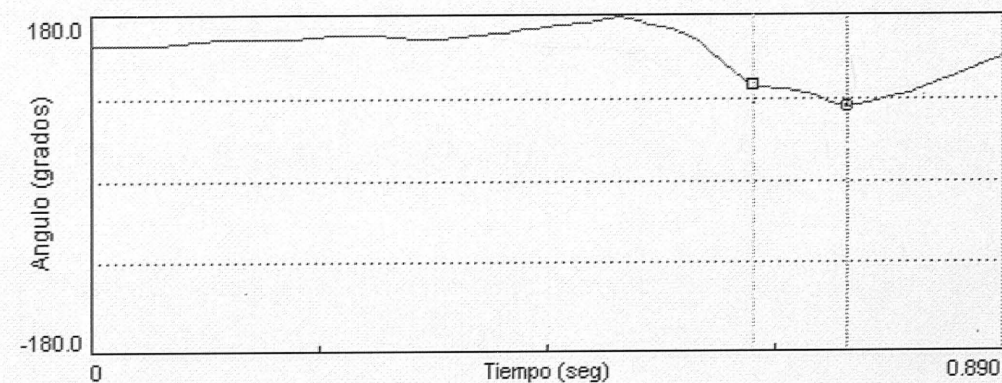
NSR Izquierda



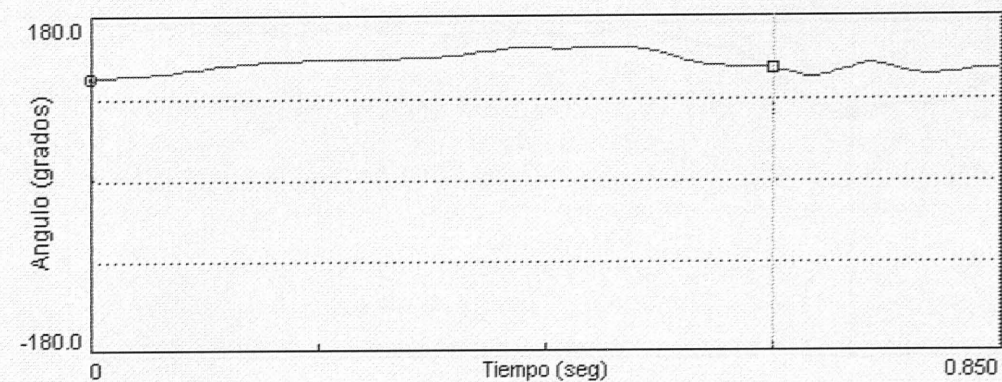
— Angulo flexión codo

..... Momento de máxima rotación de tronco

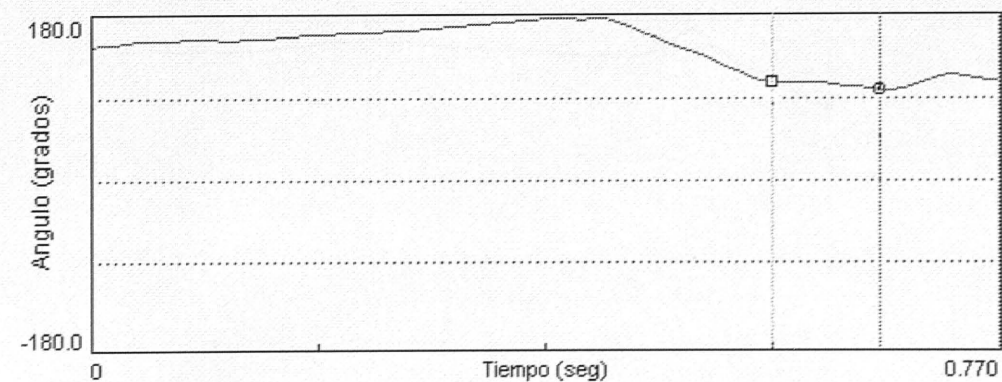
NRdom Derecha



NRnodom Derecha



NSR Derecha

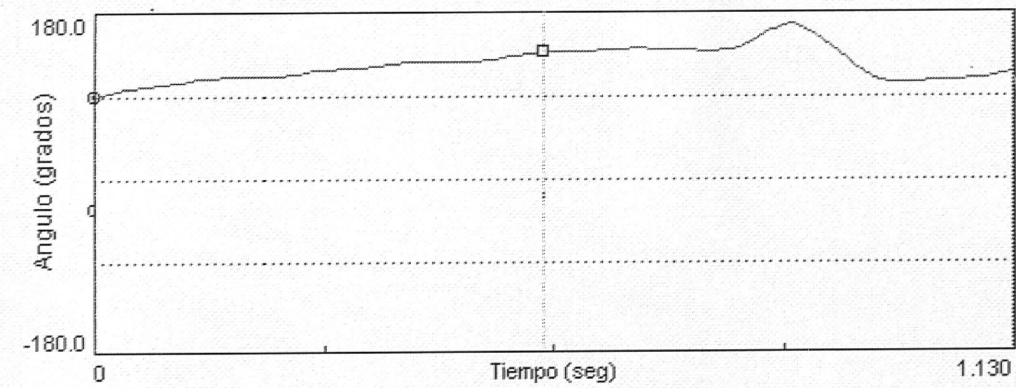


..... Momento de máxima flexión de codo

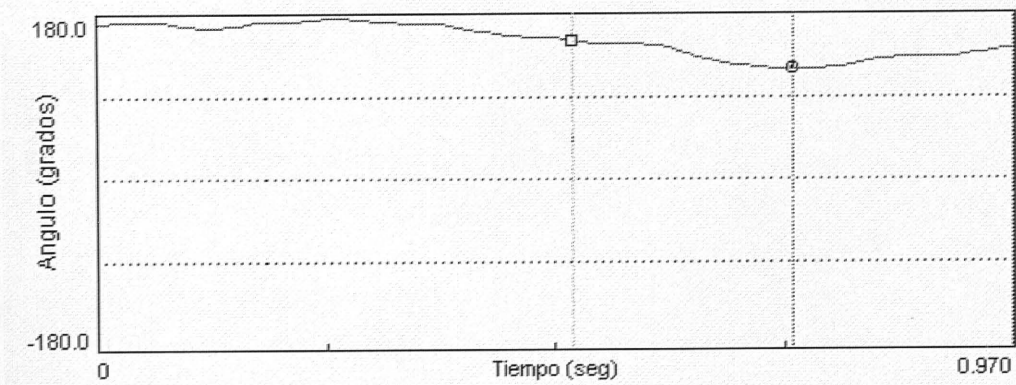


Sujeto 15

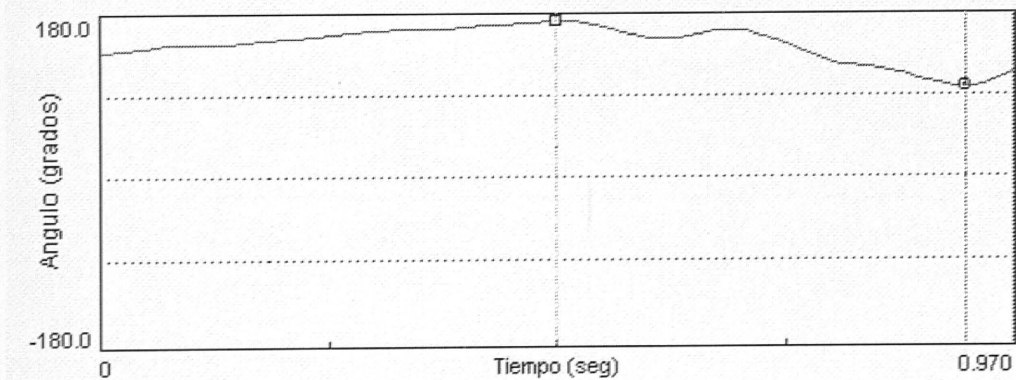
Bext.Rejec Izquierda



Bflex.Rnoejec Izquierda



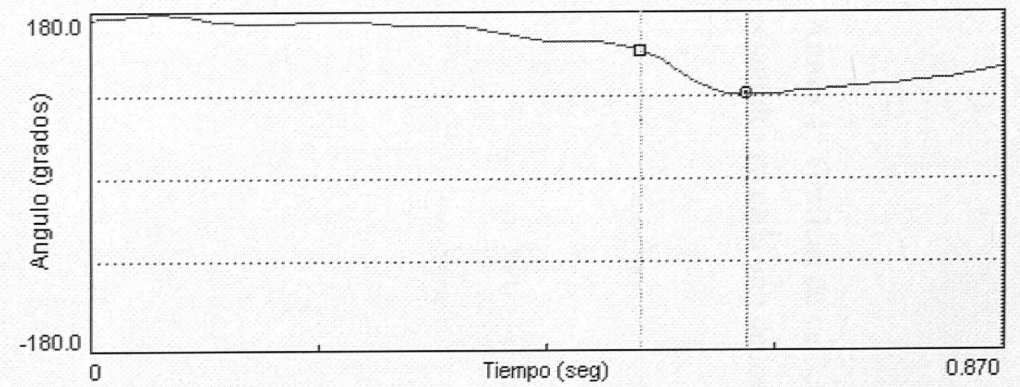
Bflex.Rejec Izquierda



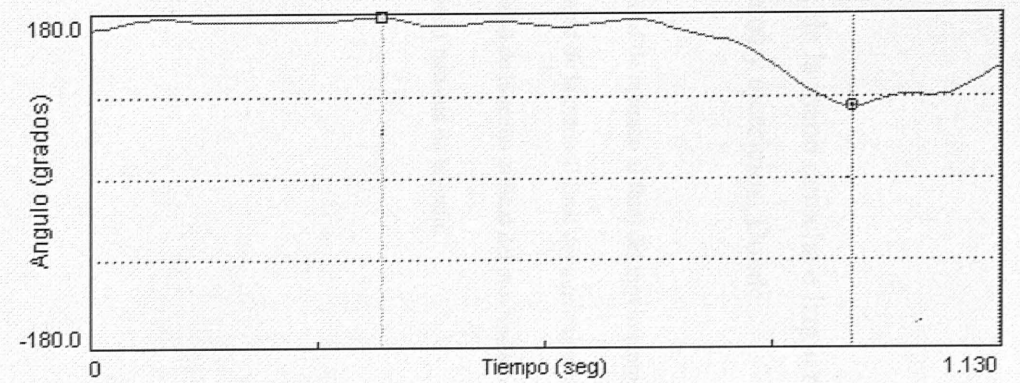
— Angulo flexión codo

..... Momento de máxima rotación de tronco

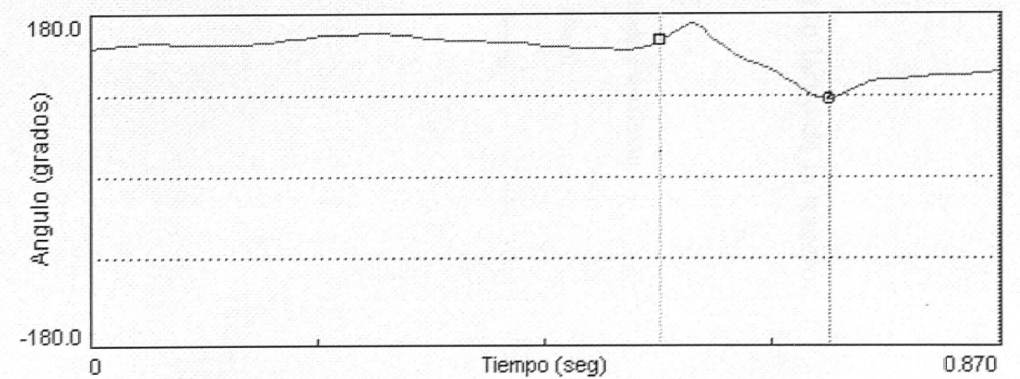
Bext.Rejec Derecha



Bflex.Rnoejec Derecha



Bflex.Rejec Derecha



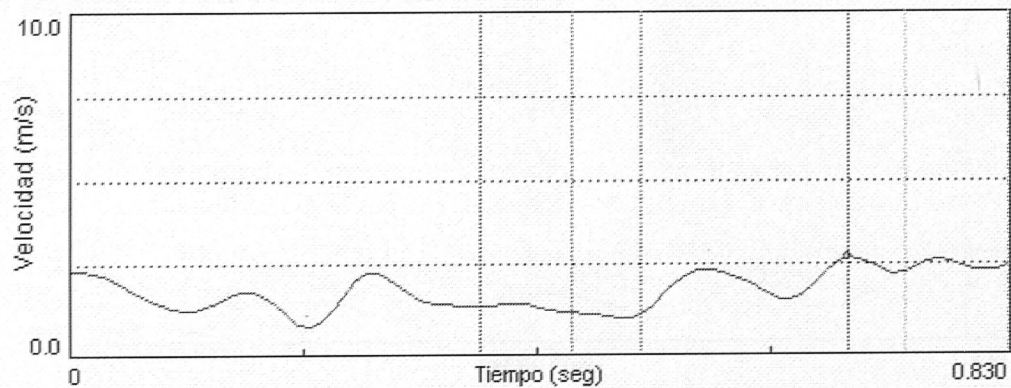
..... Momento de máxima flexión de codo

**Anexo 4** : Gráficas de velocidad, de la mano derecha e izquierda, a lo largo de la tracción obtenidos en cada uno de los sujetos y ejercicios. Donde:

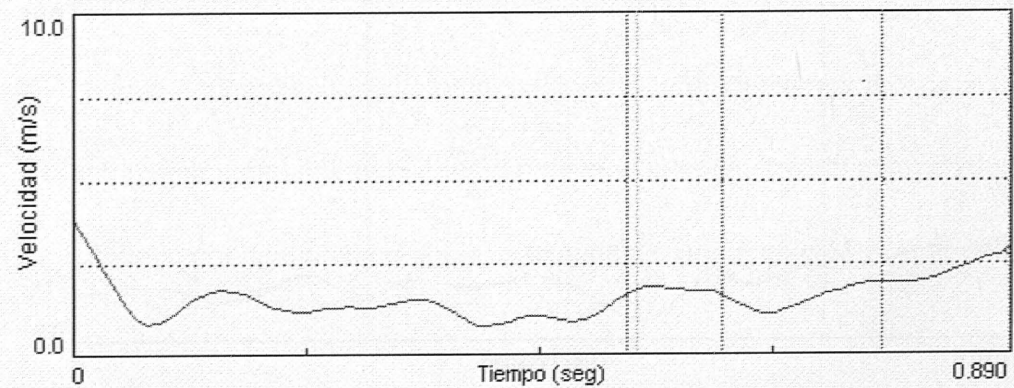
- .....  $V_{t(1)}$  Velocidad de la mano al final del movimiento de entrada y extensión.
- .....  $V_{t(2)}$  Velocidad de la mano al final del movimiento hacia abajo.
- .....  $V_{t(3)}$  Velocidad de la mano al final del movimiento hacia dentro.
- .....  $V_{t(max)}$  Velocidad máxima de la mano.

**Sujeto 1**

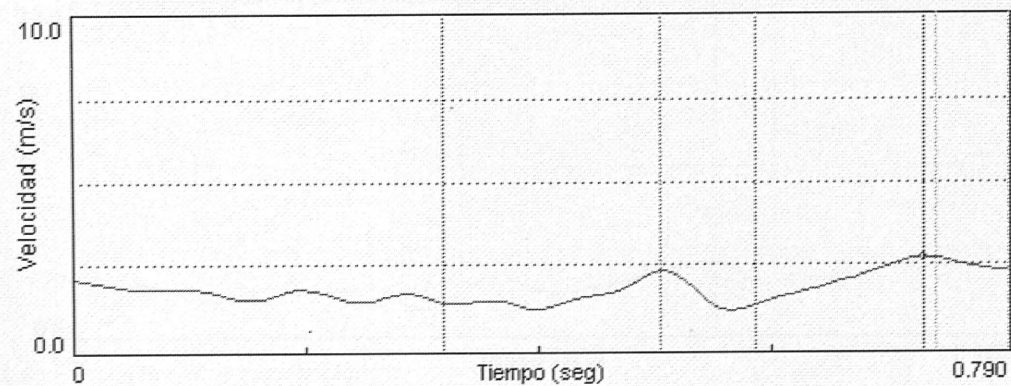
NRdom. Izquierda



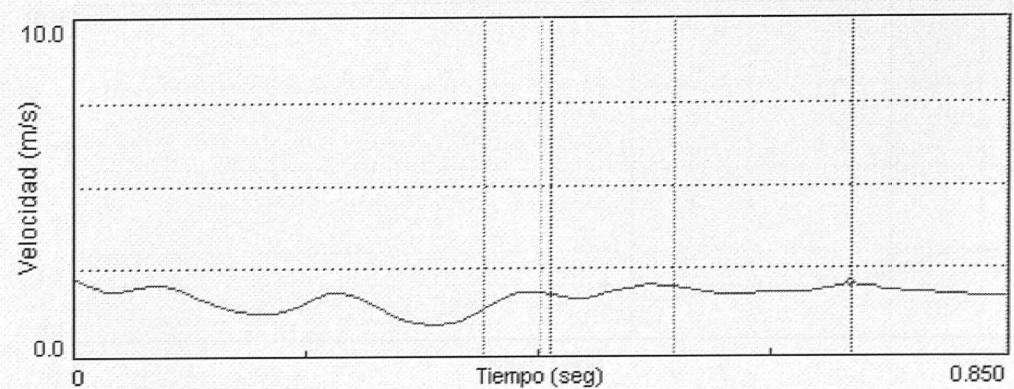
NRdom. Derecha



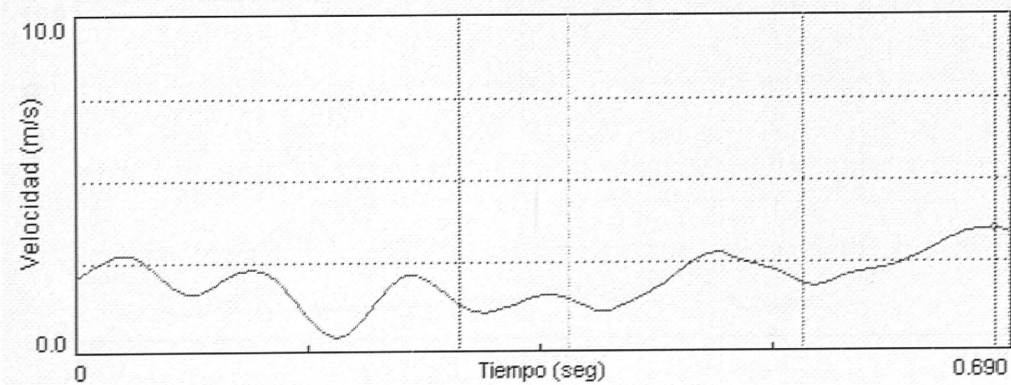
NRnodom. Izquierda



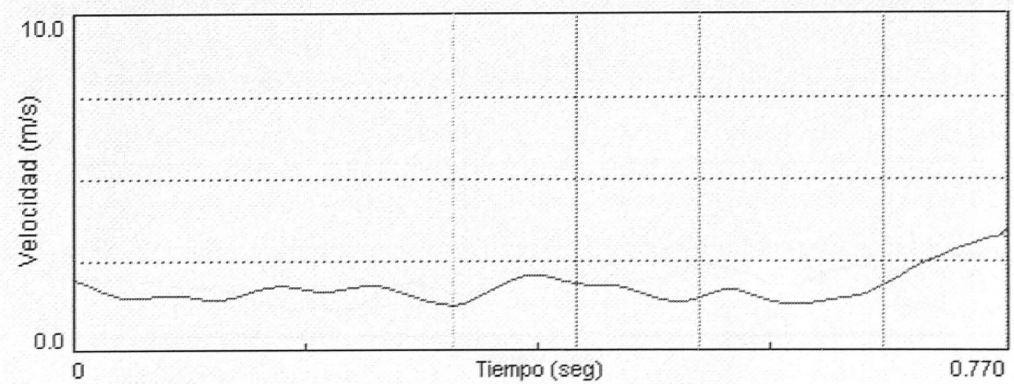
NRnodom. Derecha



NSR Izquierda

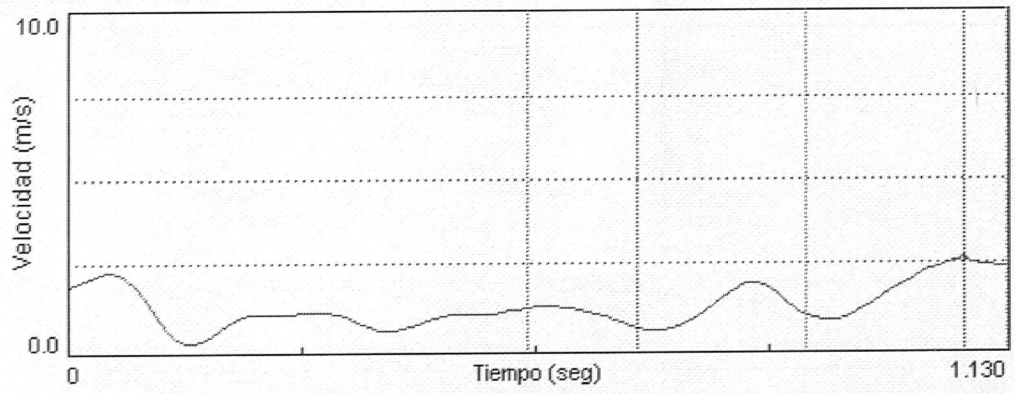


NSR Derecha

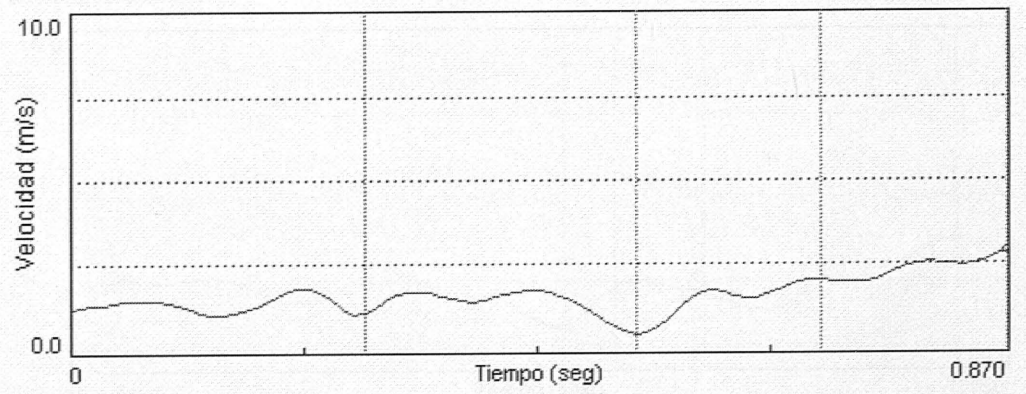


**Sujeto 1**

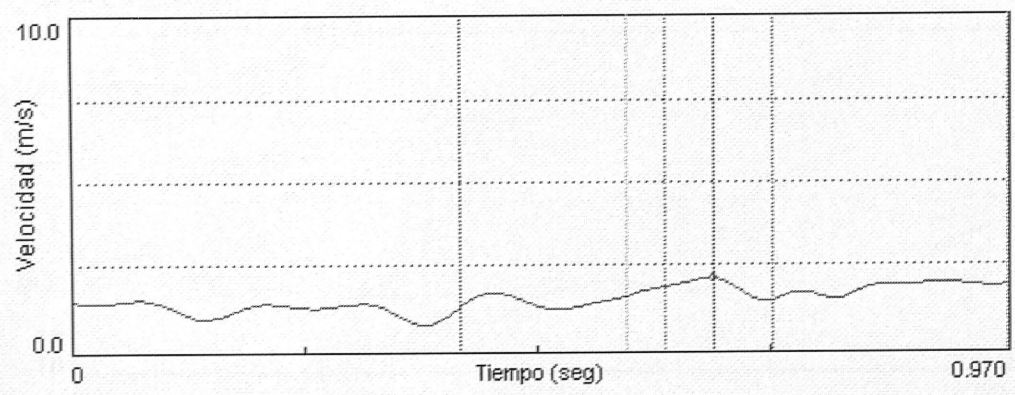
Bext.Rejec. Izquierda



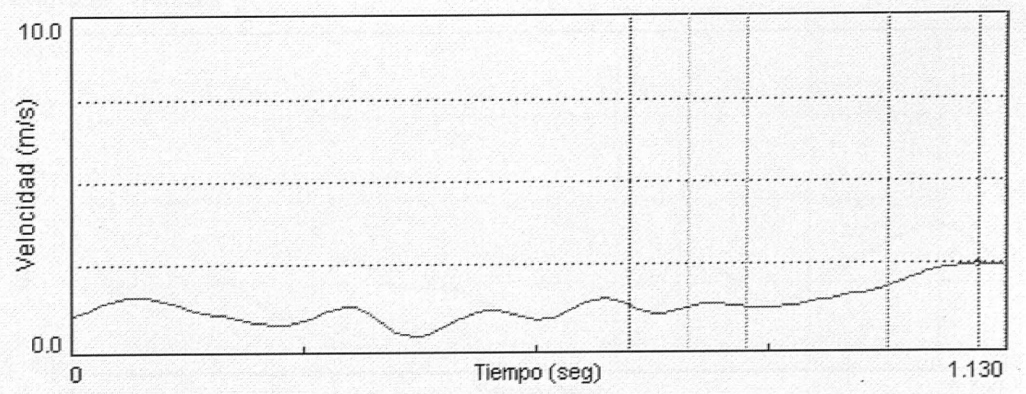
Bext.Rejec. Derecha



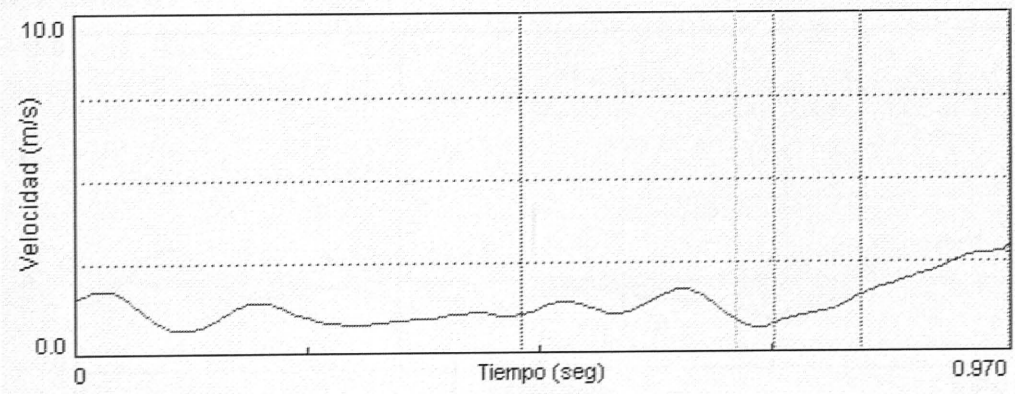
Bflex.Rnoejec. Izquierda



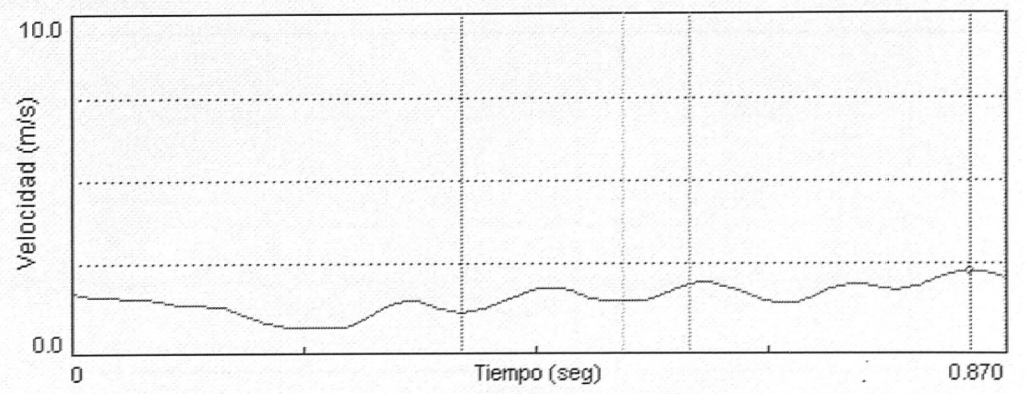
Bflex.Rnoejec. Derecha



Bflex.Rejec. Izquierda

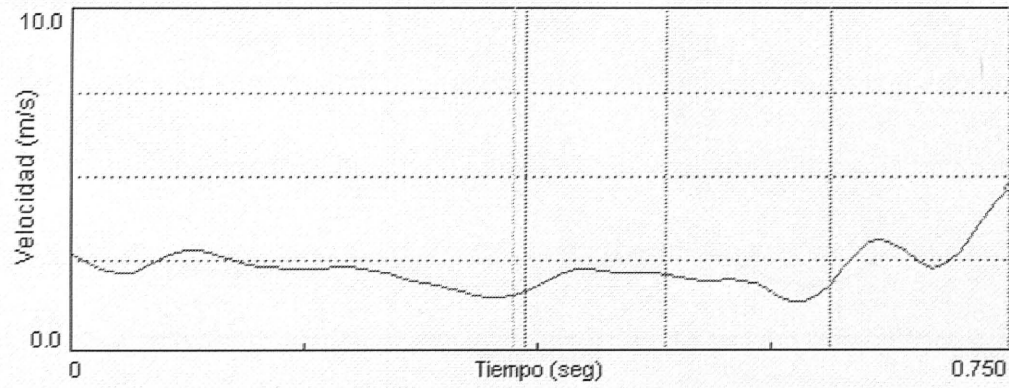


Bflex.Rejec. Derecha

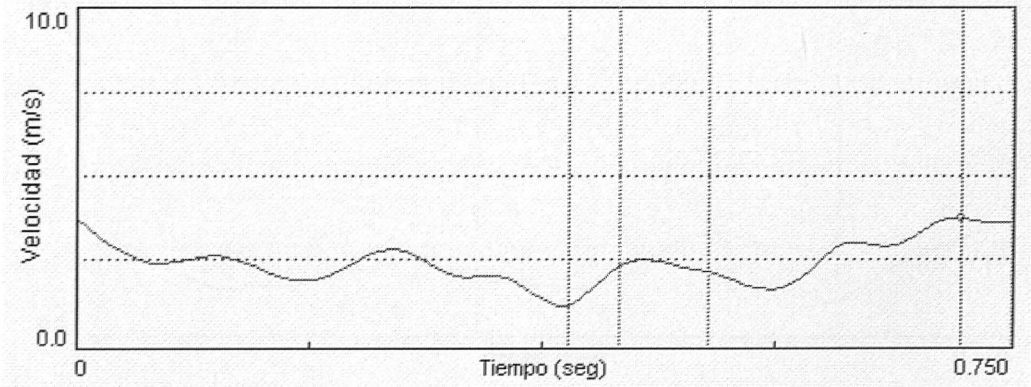


Sujeto 06

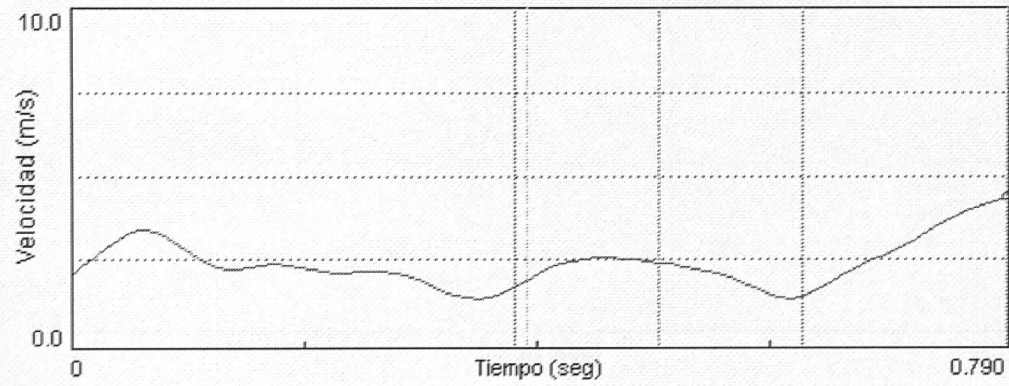
NRdom. Izquierda



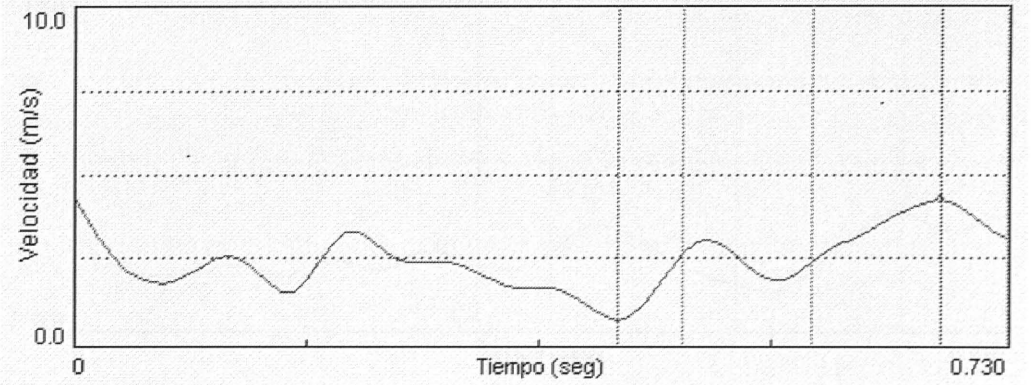
NRdom. Derecha



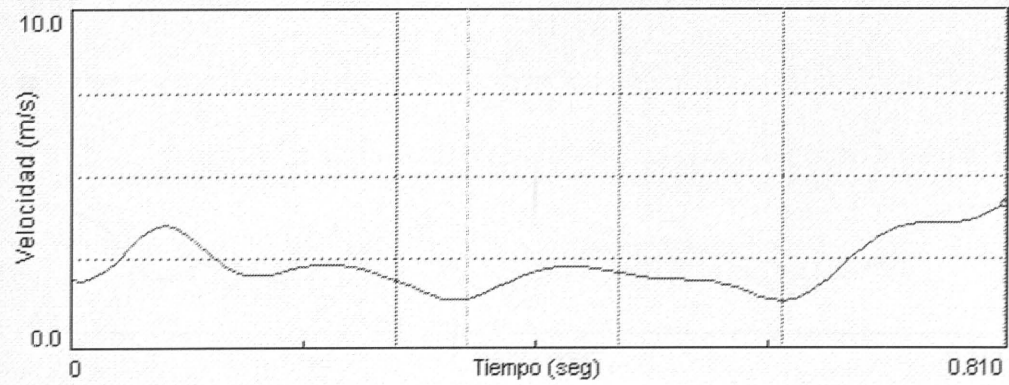
NRnodom. Izquierda



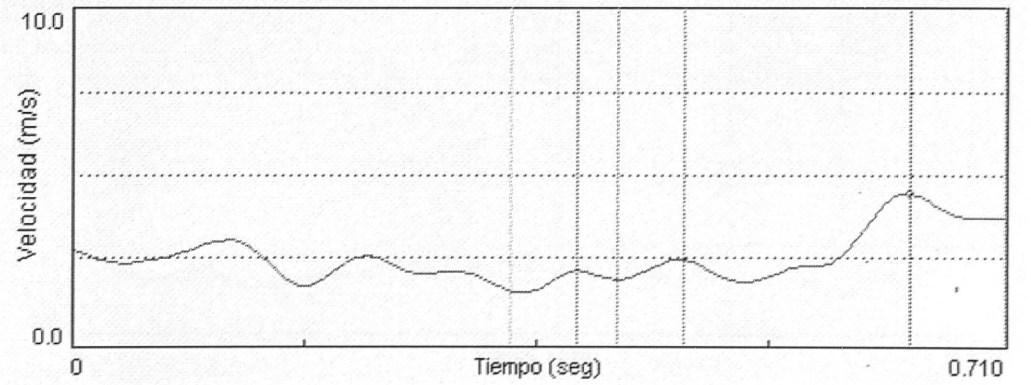
NRnodom. Derecha



NSR Izquierda

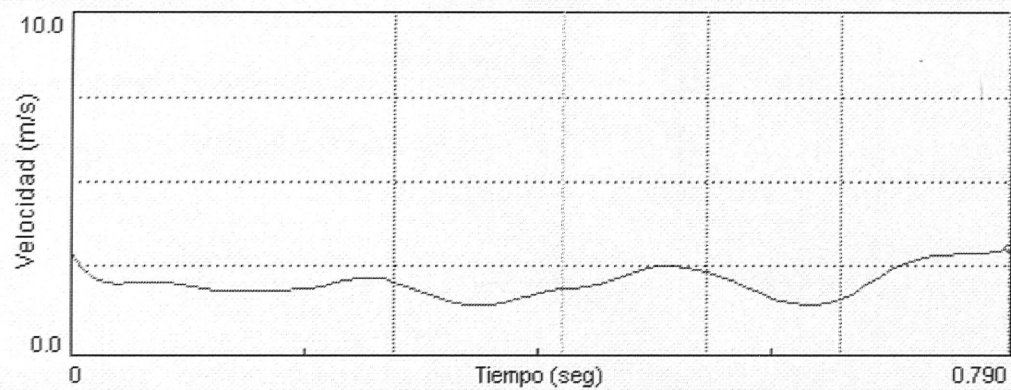


NSR Derecha

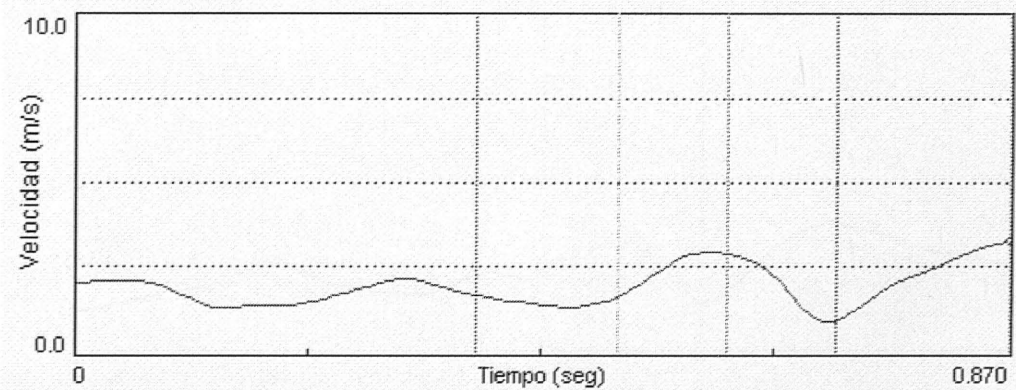


SUJETO 6

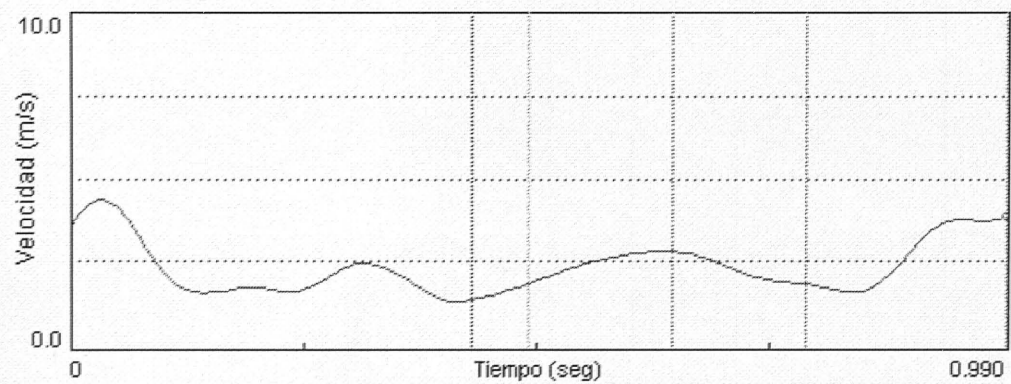
Bext.Rejec. Izquierda



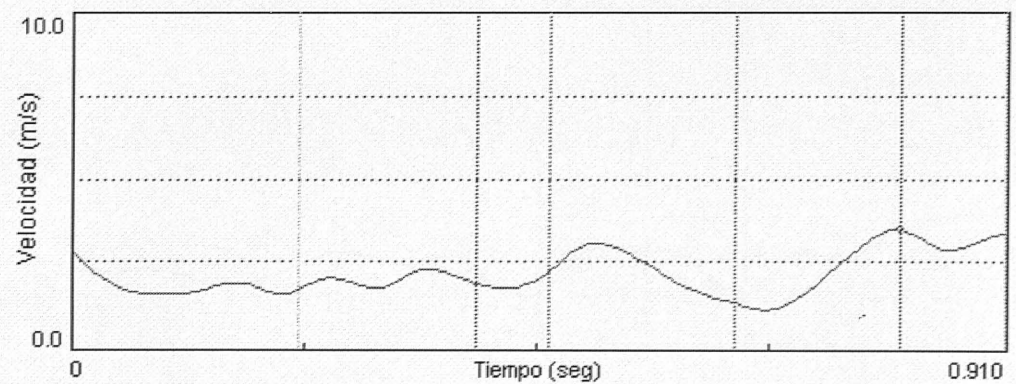
Bext.Rejec. Derecha



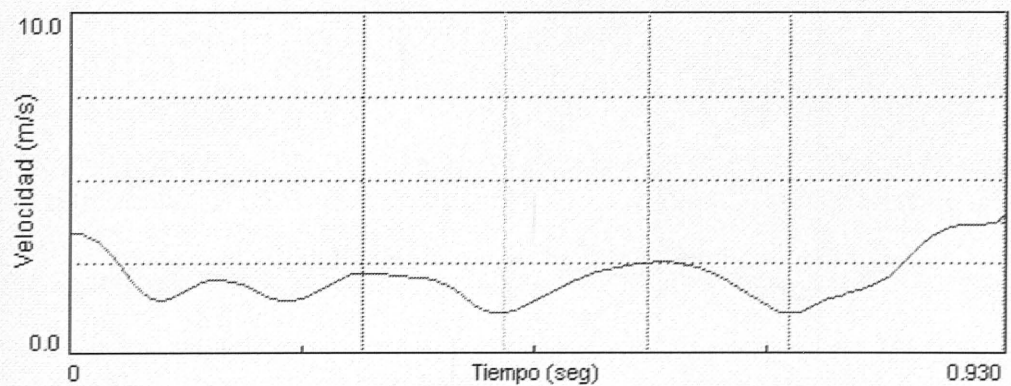
Bflex.Rnoejec. Izquierda



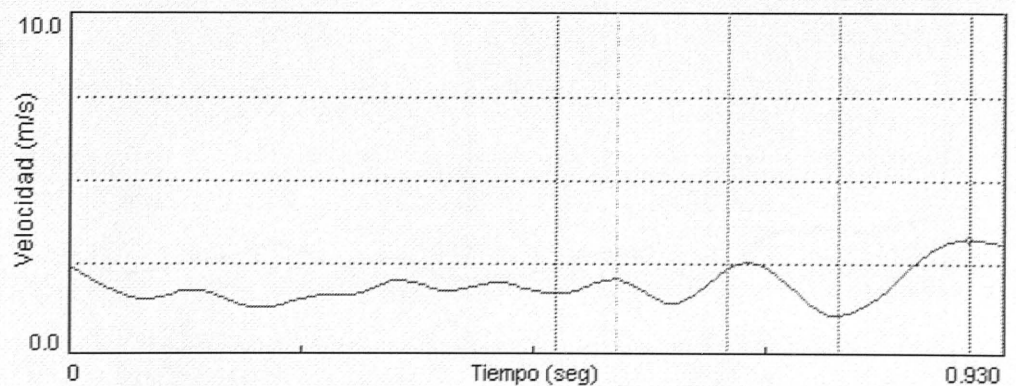
Bflex.Rnoejec. Derecha



Bflex.Rejec. Izquierda

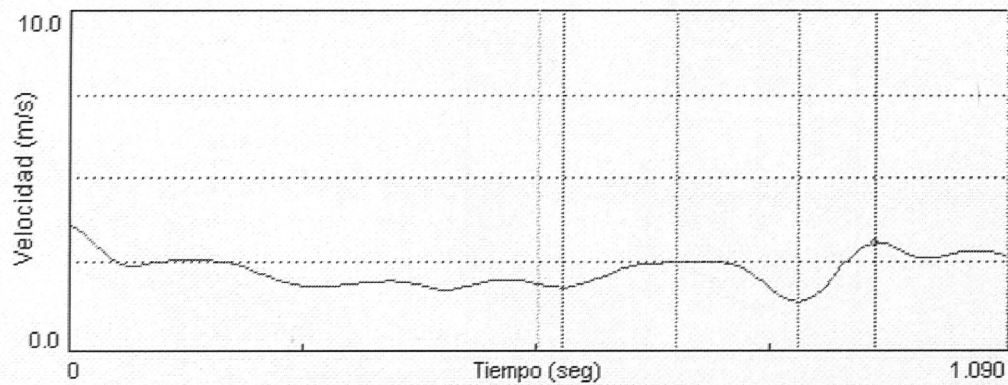


Bflex.Rejec. Derecha

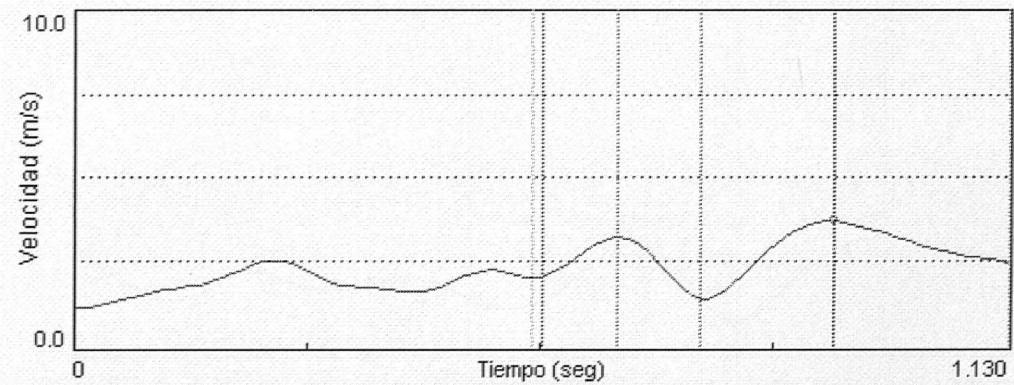


## Sujeto 07

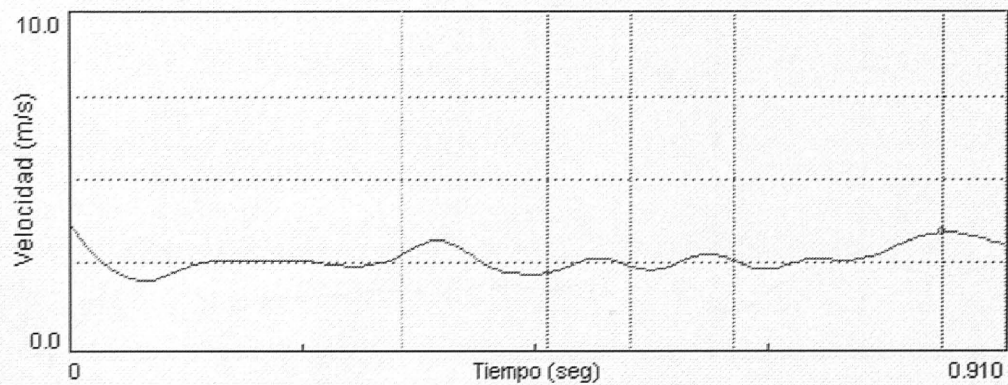
NRdom. Izquierda



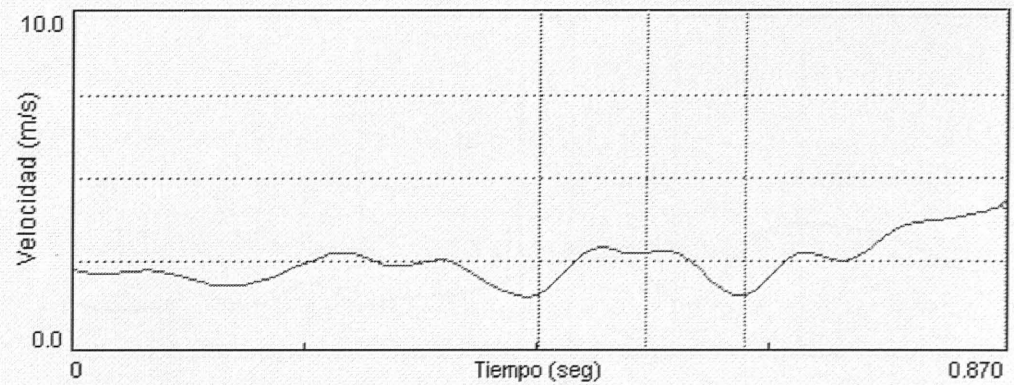
NRdom. Derecha



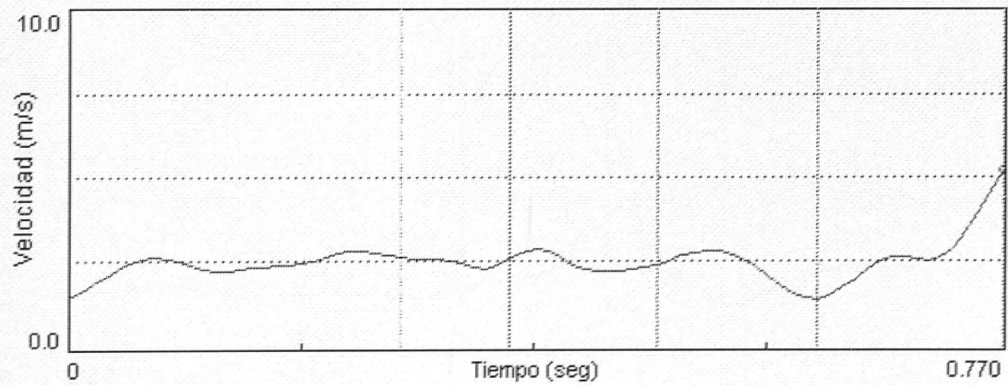
NRnodom. Izquierda



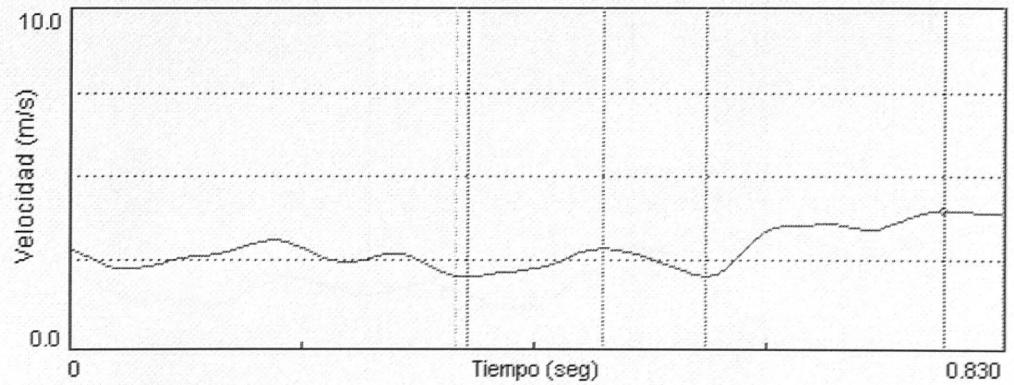
NRnodom. Derecha



NSR Izquierda

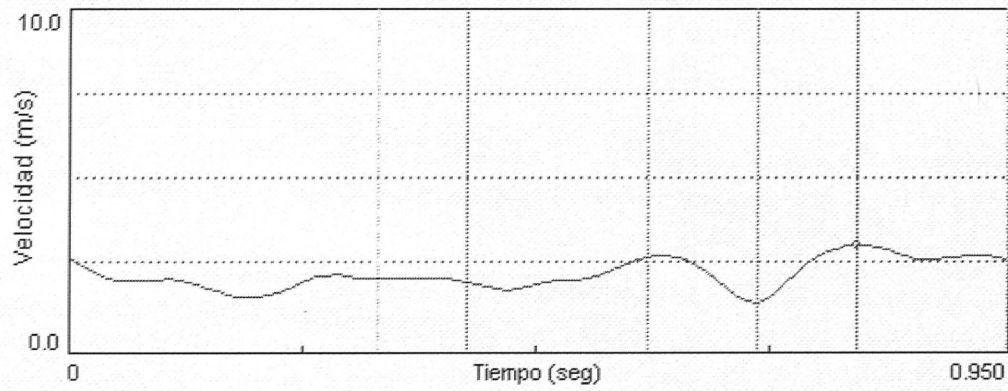


NSR Derecha

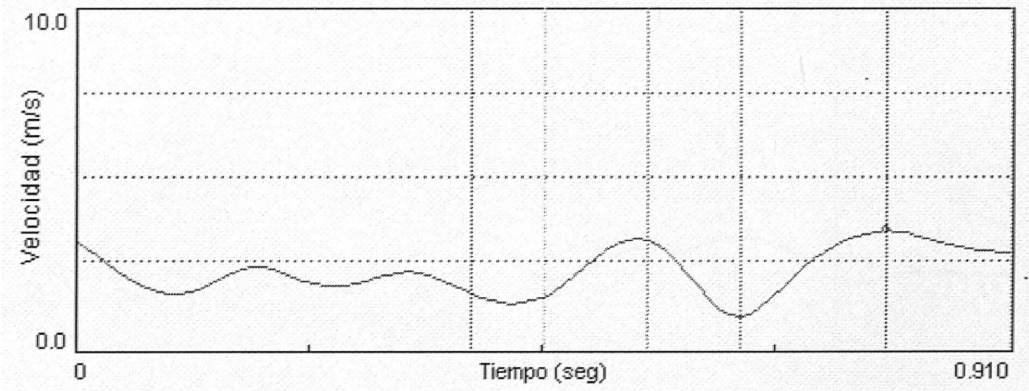


## Sujeto 07

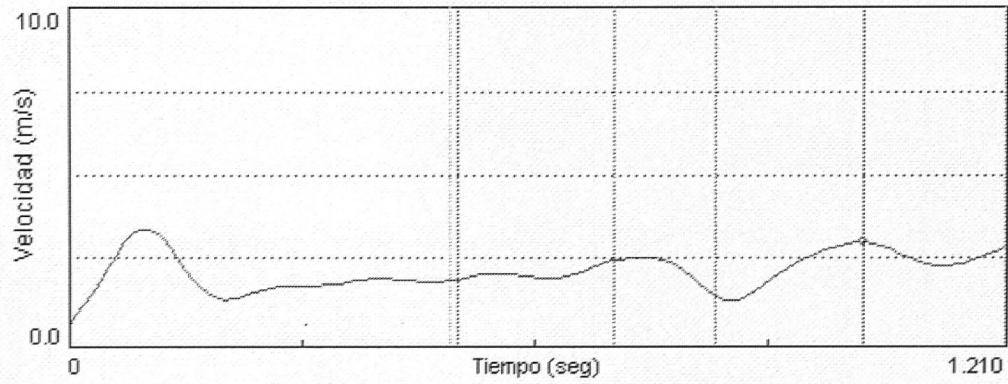
Bext.Rejec. Izquierda



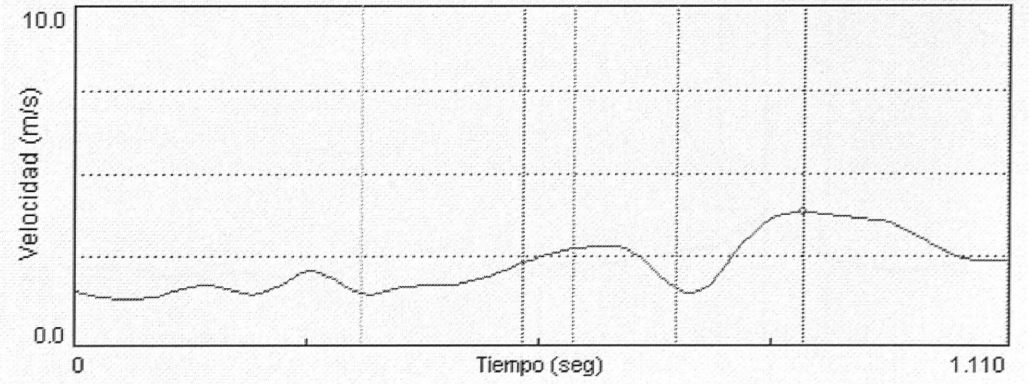
Bext.Rejec. Derecha



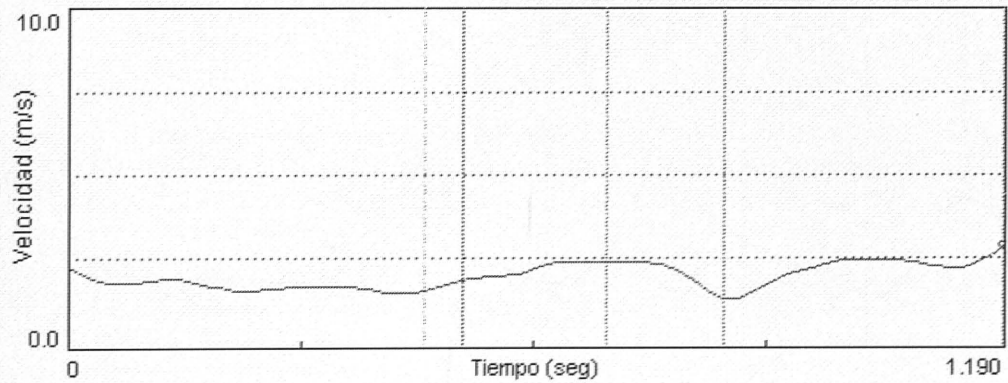
Bflex.Rnoejec. Izquierda



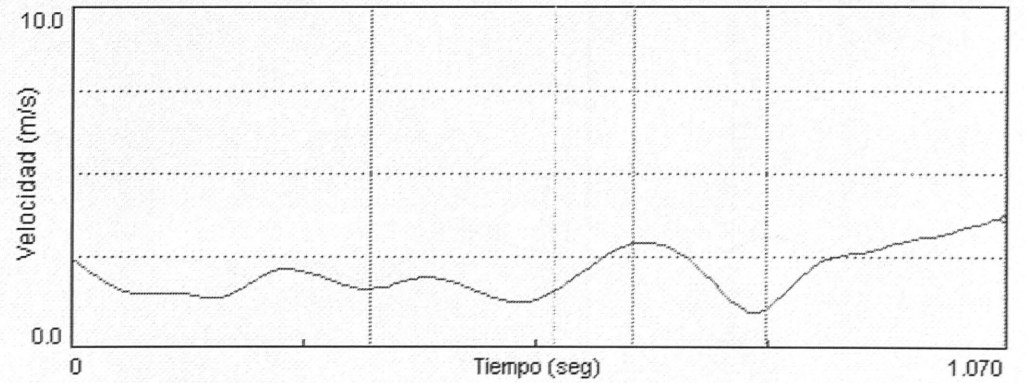
Bflex.Rnoejec. Derecha



Bflex.Rejec. Izquierda



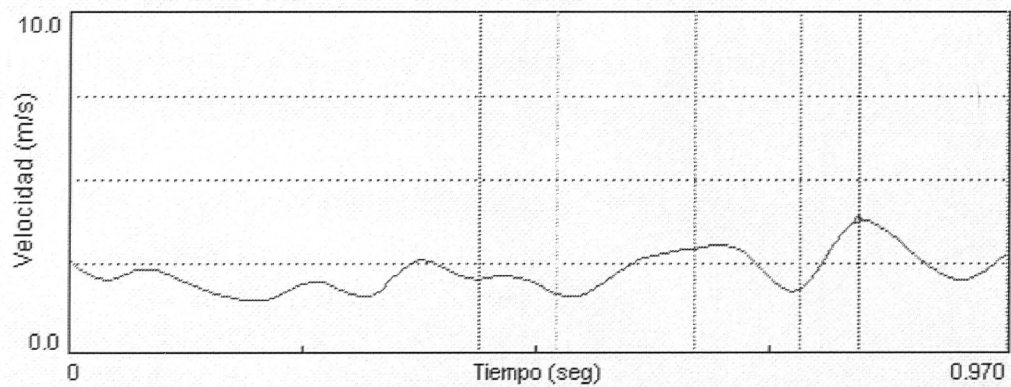
Bflex.Rejec. Derecha



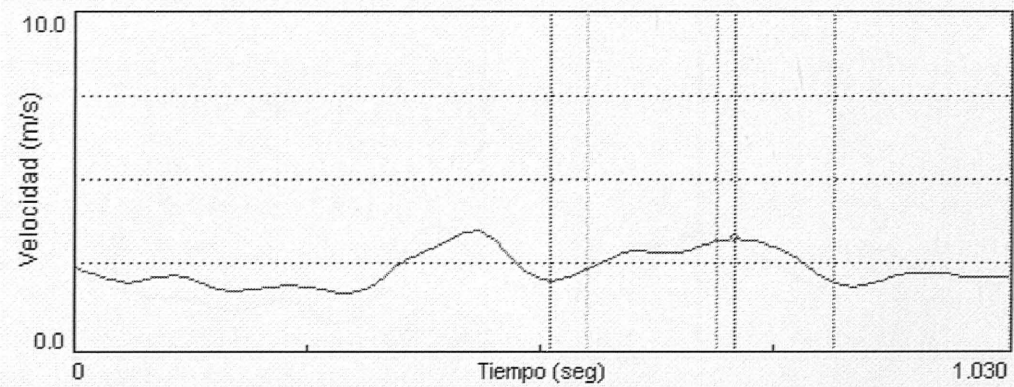


## Sujeto 09

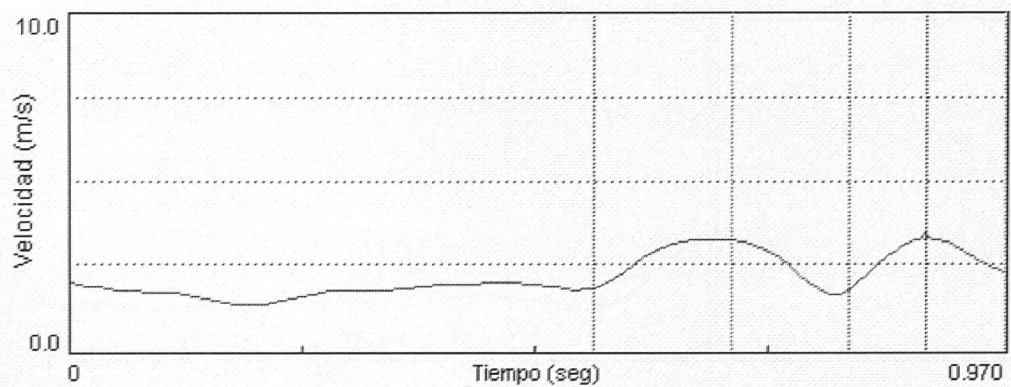
NRdom. Izquierda



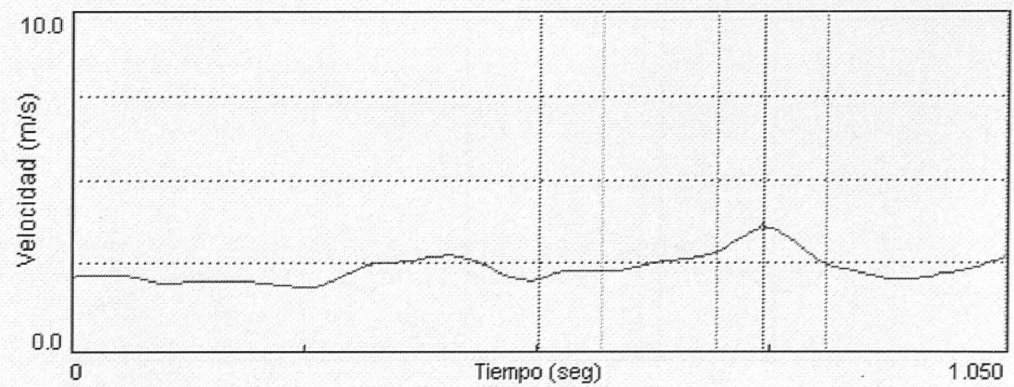
NRdom. Derecha



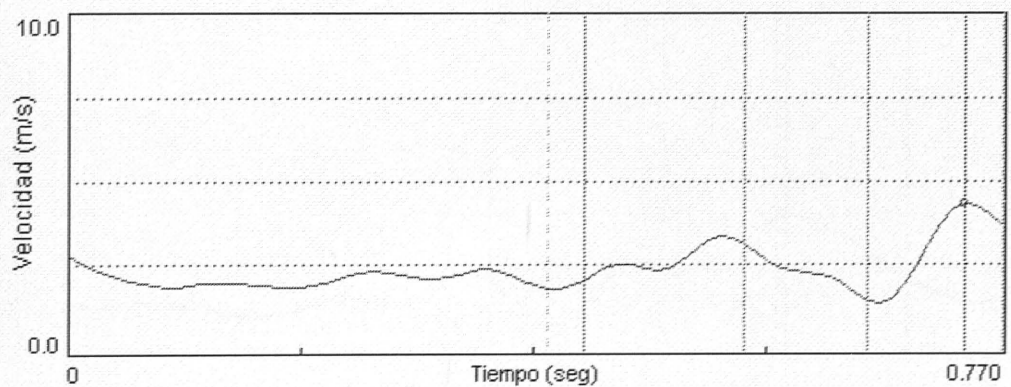
NRnodom. Izquierda



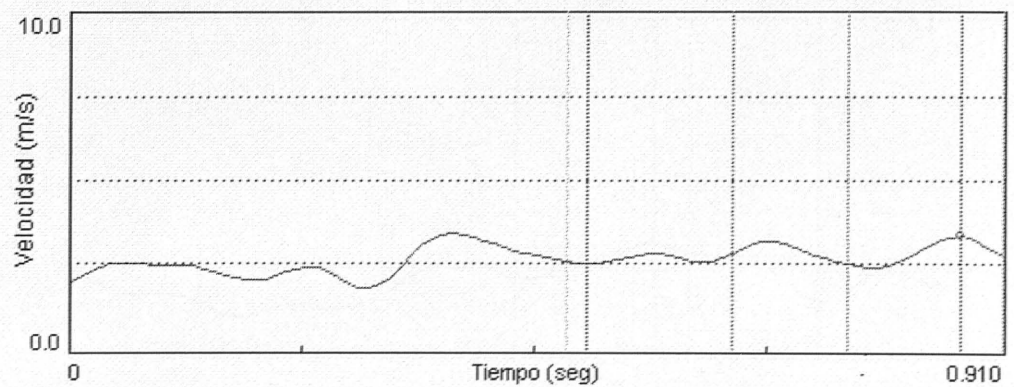
NRnodom. Derecha



NSR Izquierda

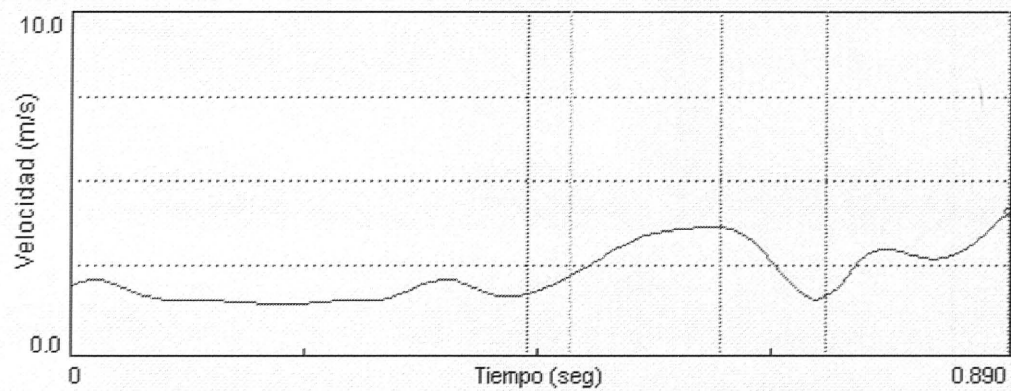


NSR Derecha

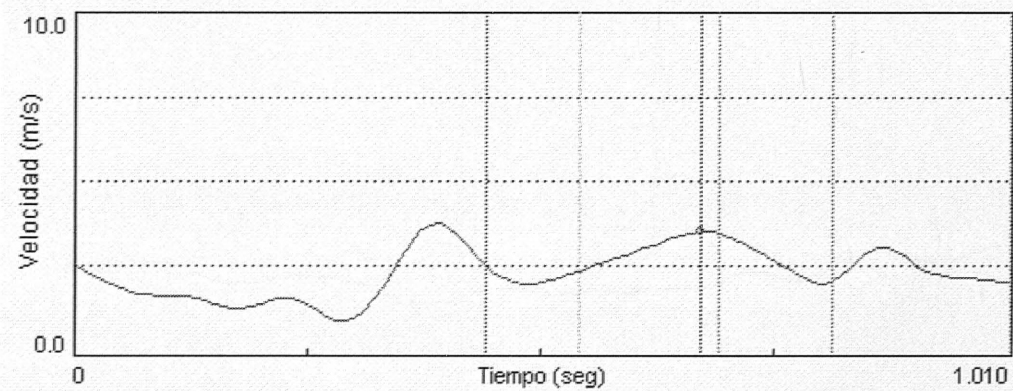


## Sujeto 09

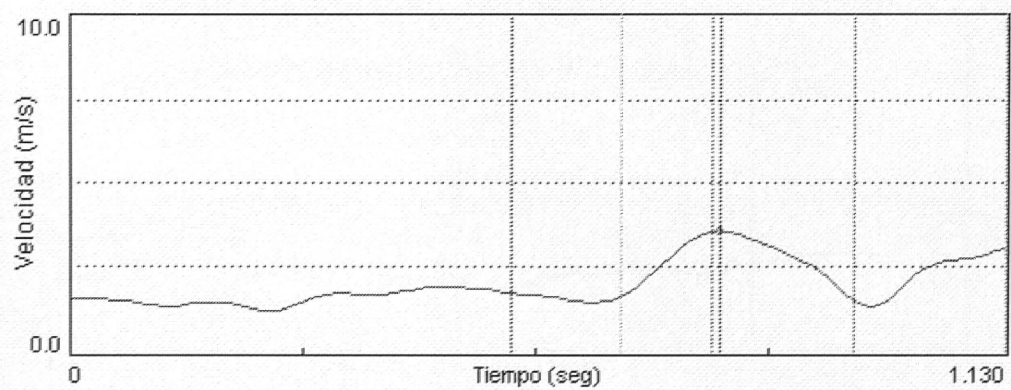
Bext.Rejec. Izquierda



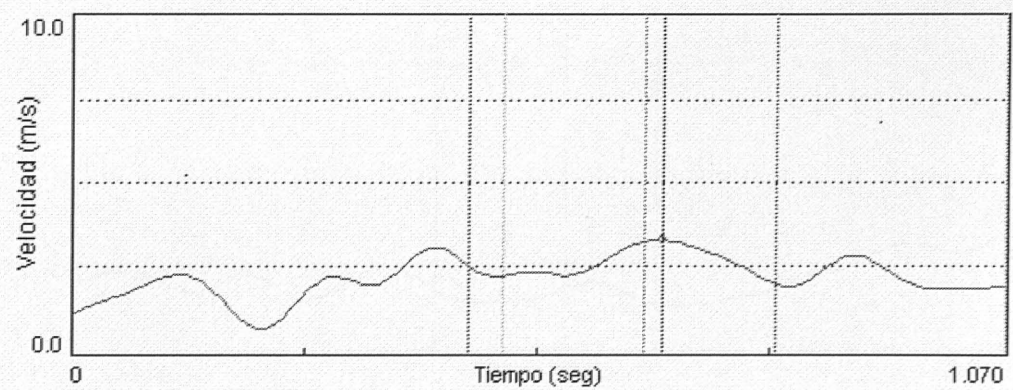
Bext.Rejec. Derecha



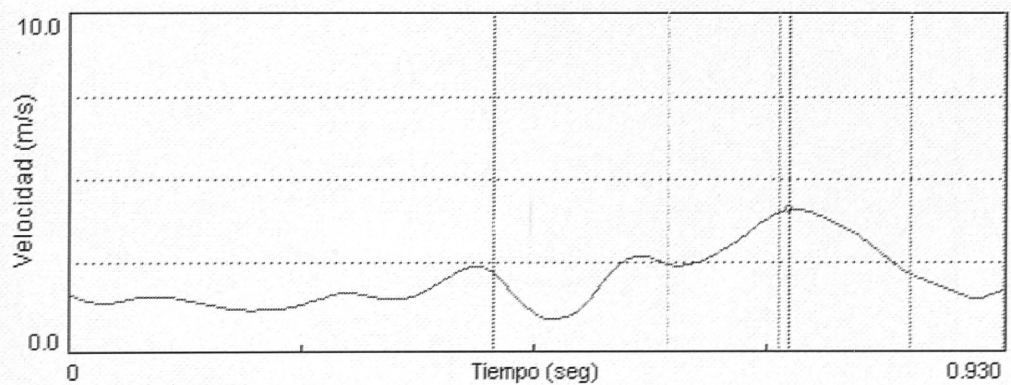
Bflex.Rnoejec. Izquierda



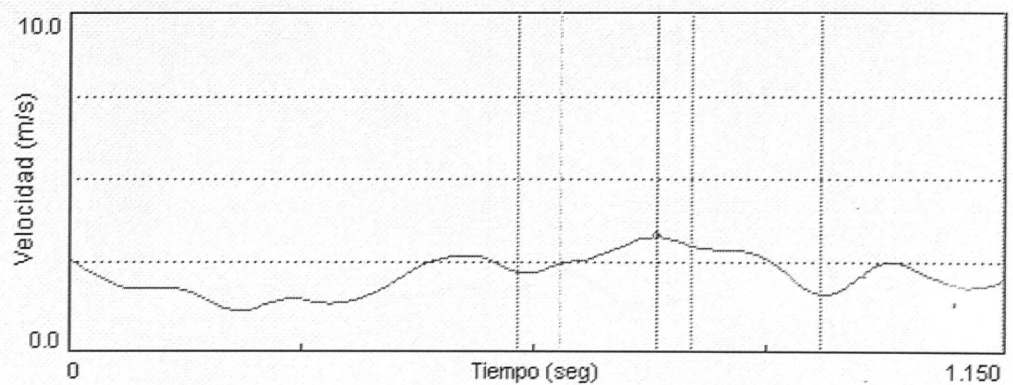
Bflex.Rnoejec. Derecha



Bflex.Rejec. Izquierda

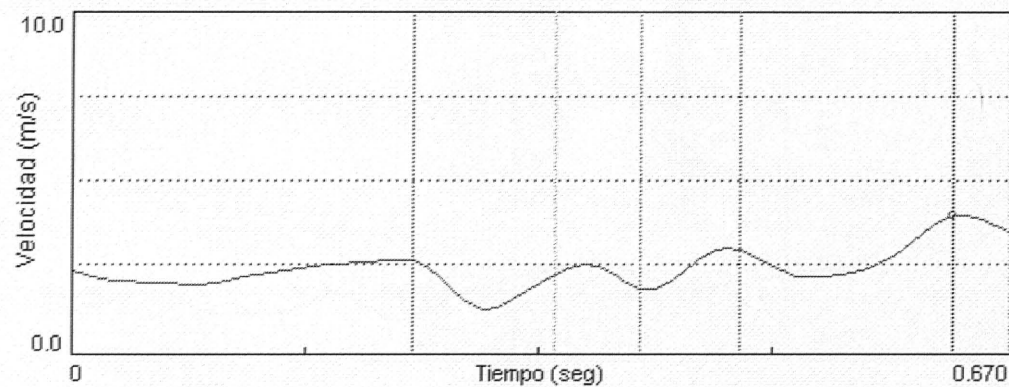


Bflex.Rejec. Derecha

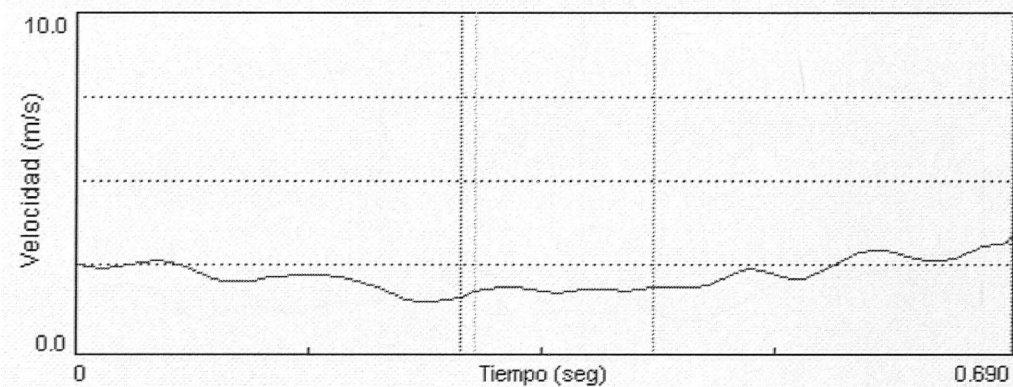


**Sujeto 10**

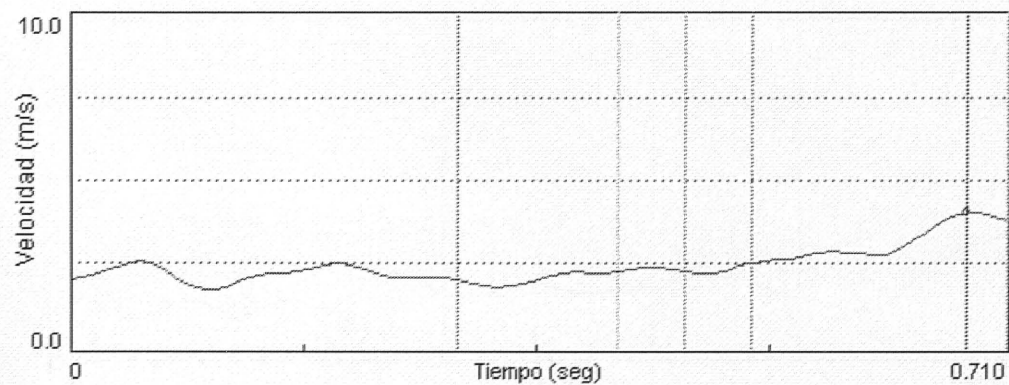
NRdom. Izquierda



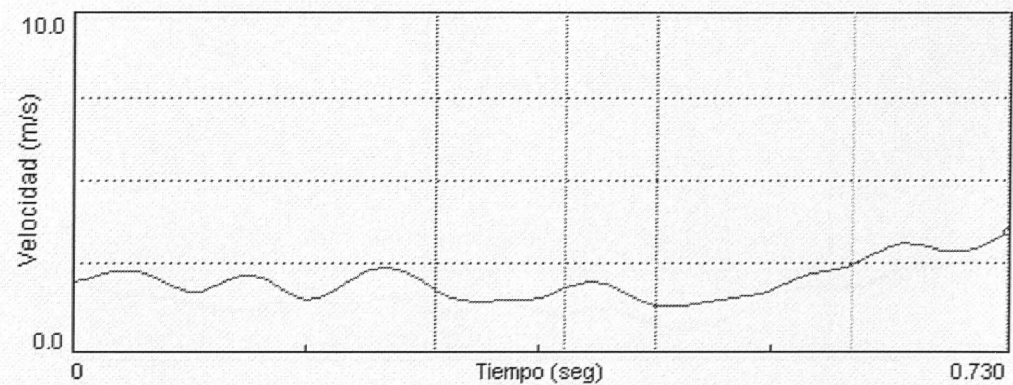
NRdom. Derecha



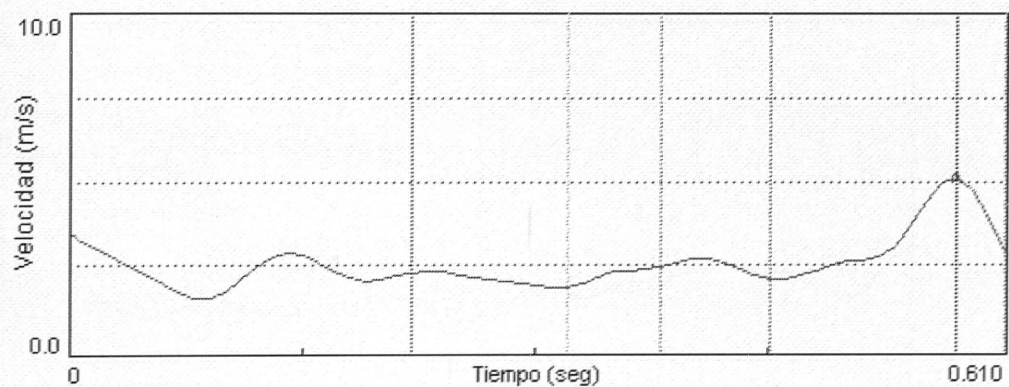
NRnodom. Izquierda



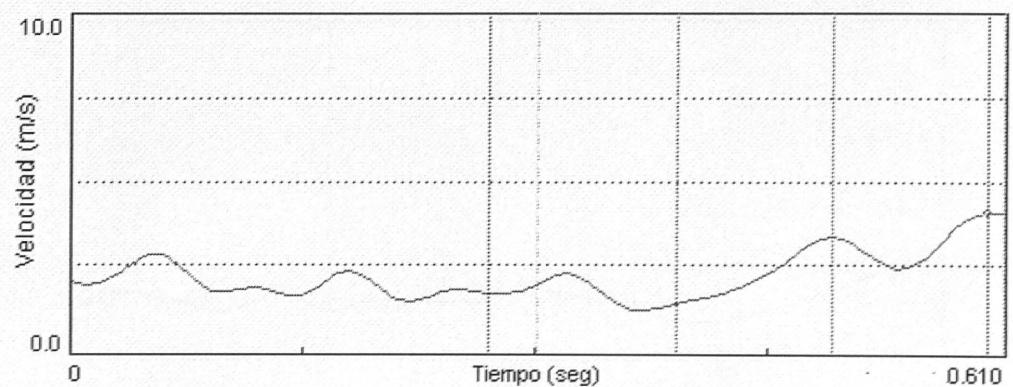
NRnodom. Derecha



NSR Izquierda

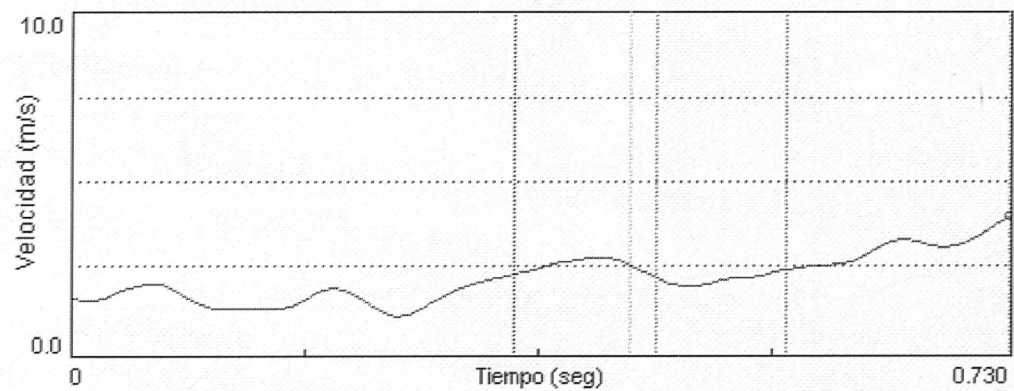


NSR Derecha

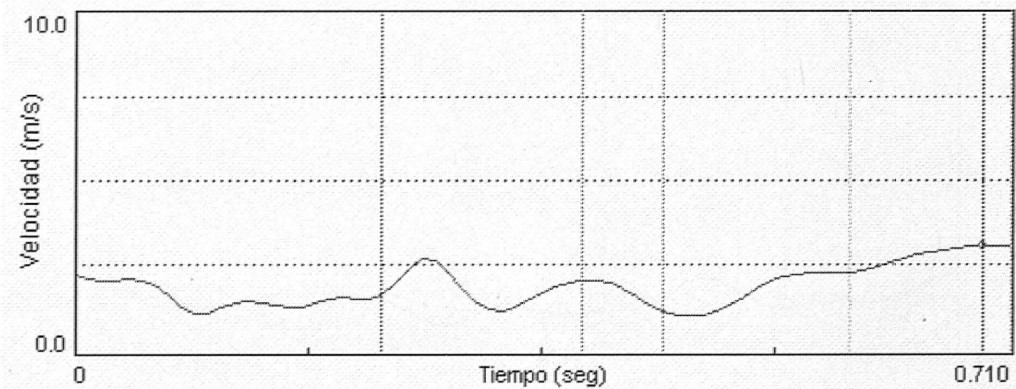


## Sujeto 10

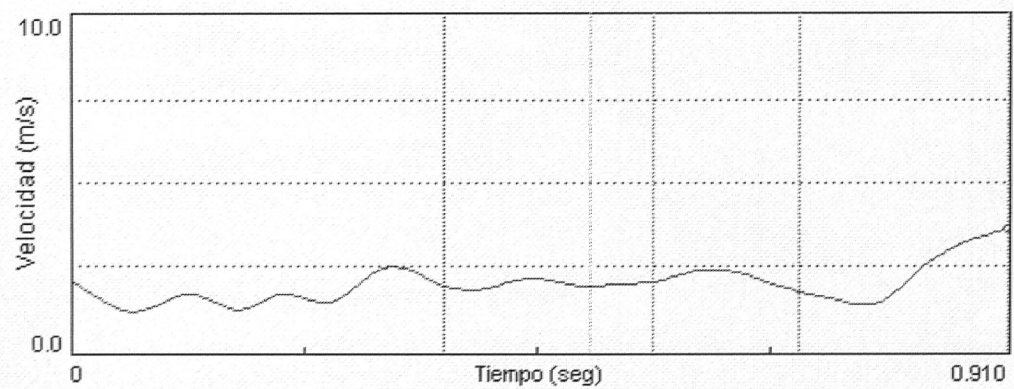
Bext.Rejec. Izquierda



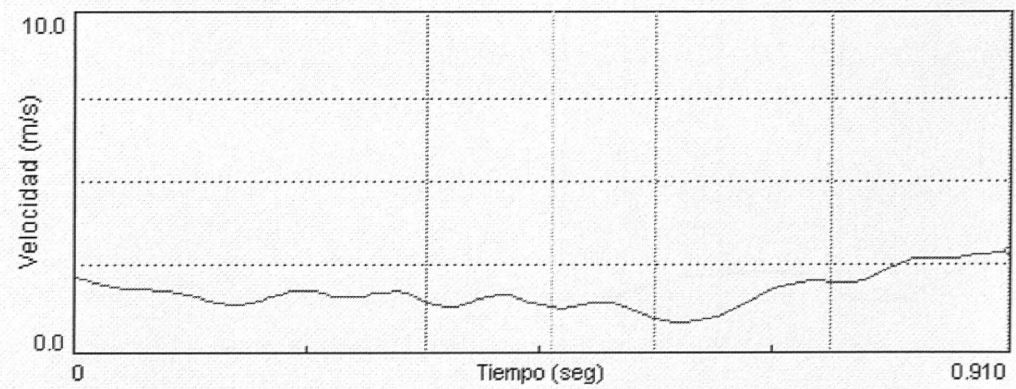
Bext.Rejec. Derecha



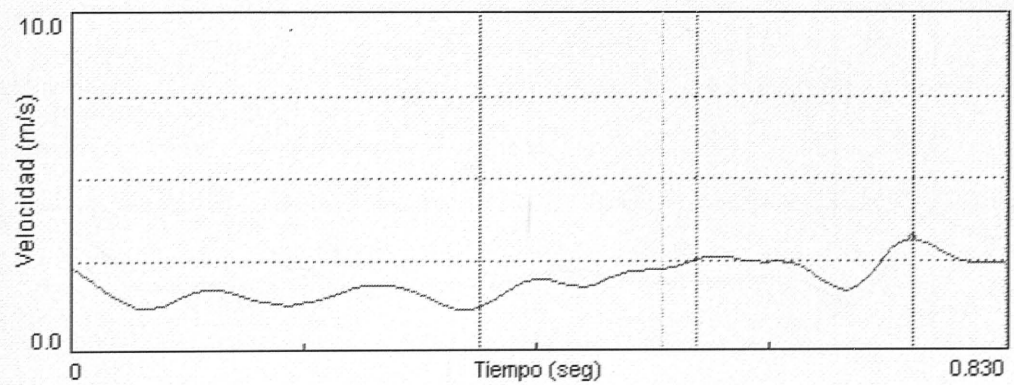
Bflex.Rnoejec. Izquierda



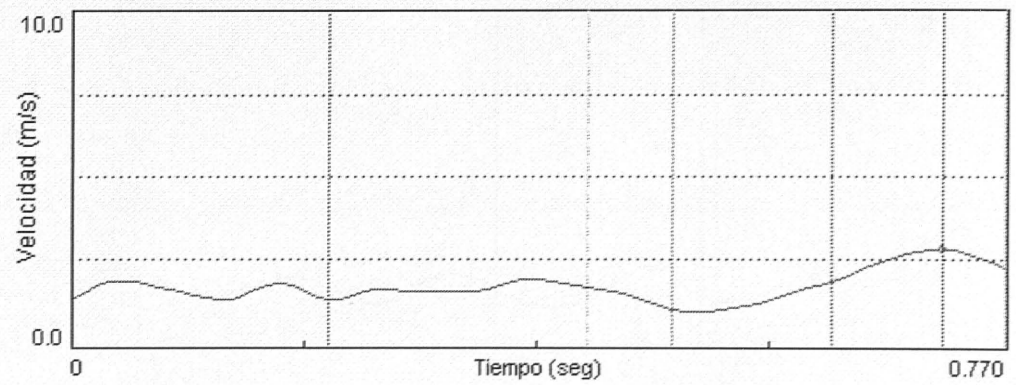
Bflex.Rnoejec. Derecha



Bflex.Rejec. Izquierda

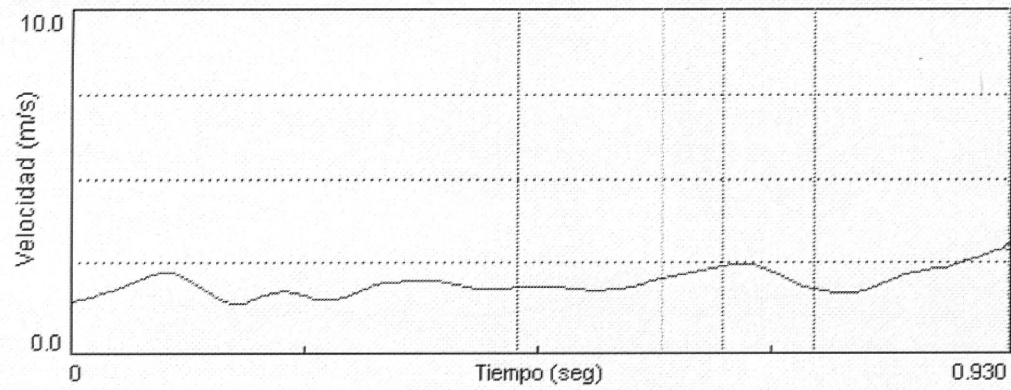


Bflex.Rejec. Derecha

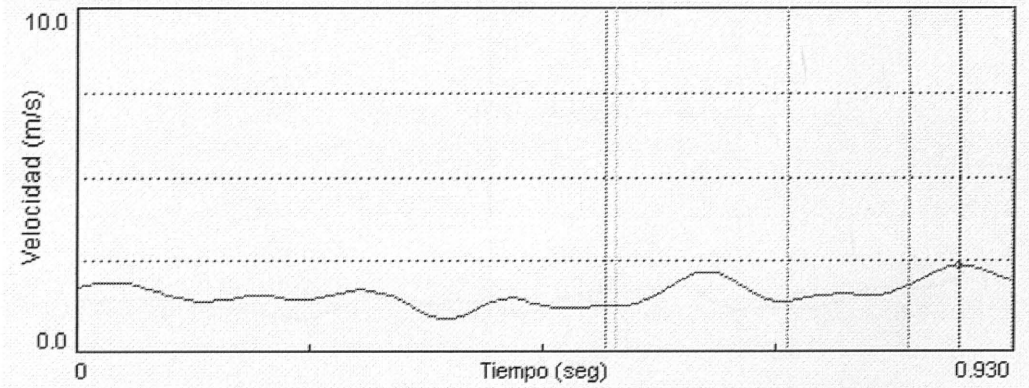


## Sujeto 11

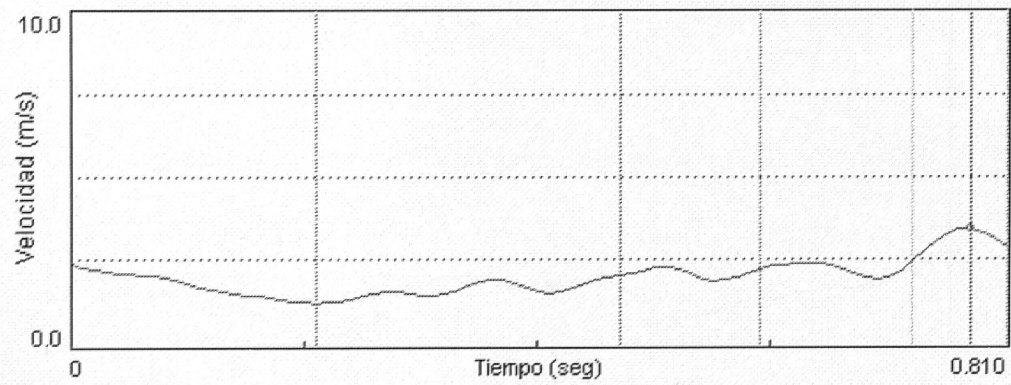
NRdom. Izquierda



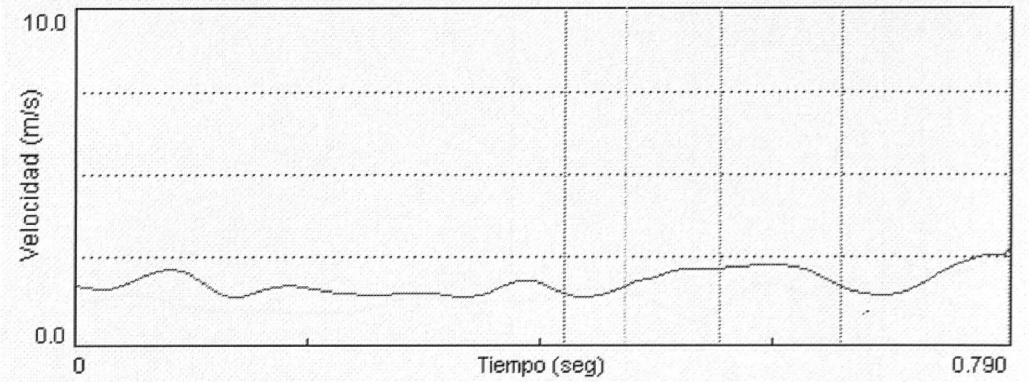
NRdom. Derecha



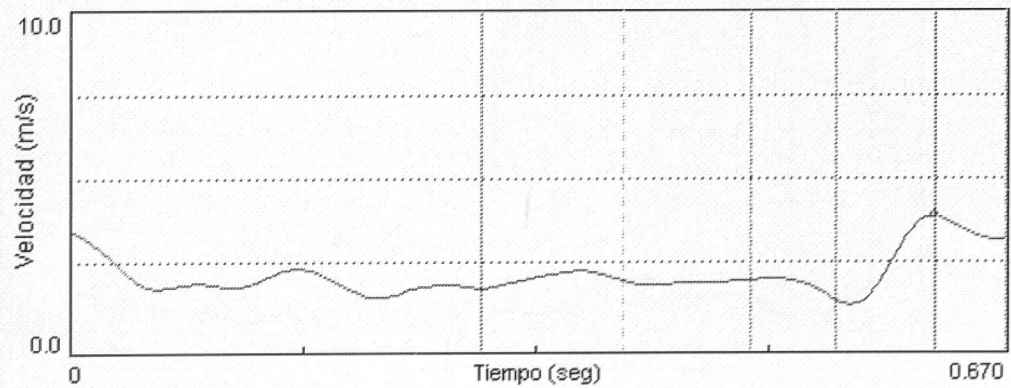
NRnodom. Izquierda



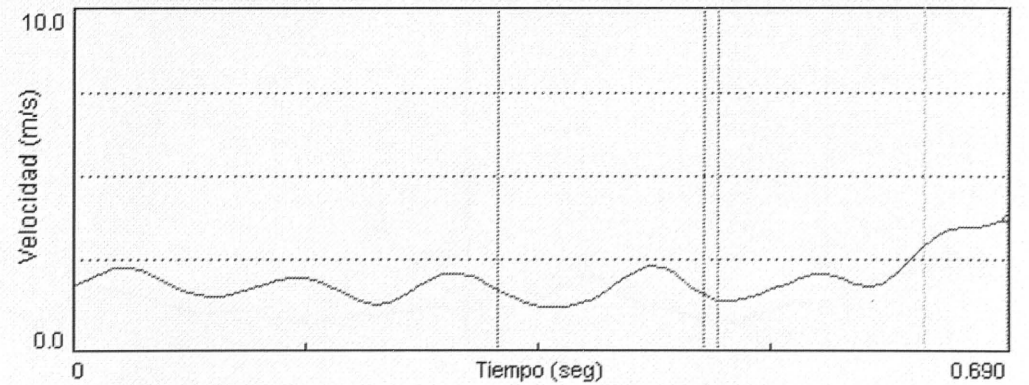
NRnodom. Derecha



NSR Izquierda

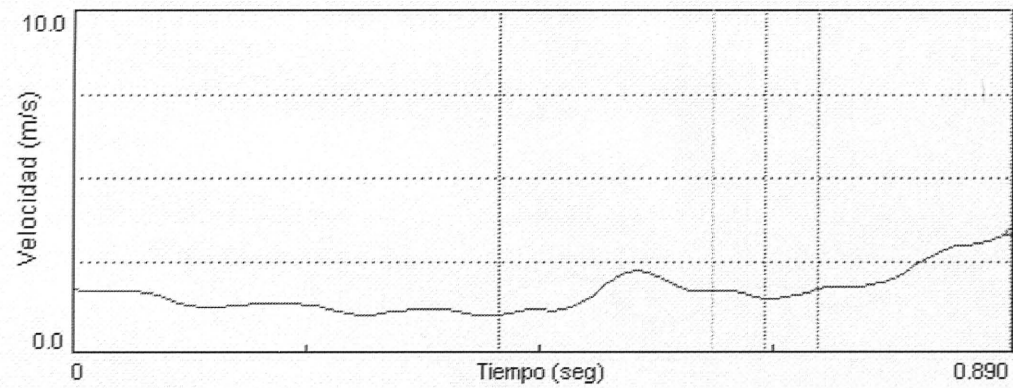


NSR Derecha

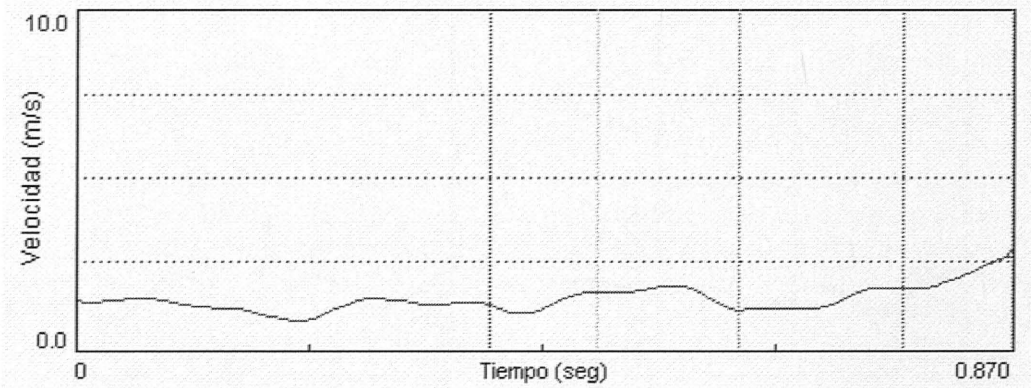


## Sujeto 11

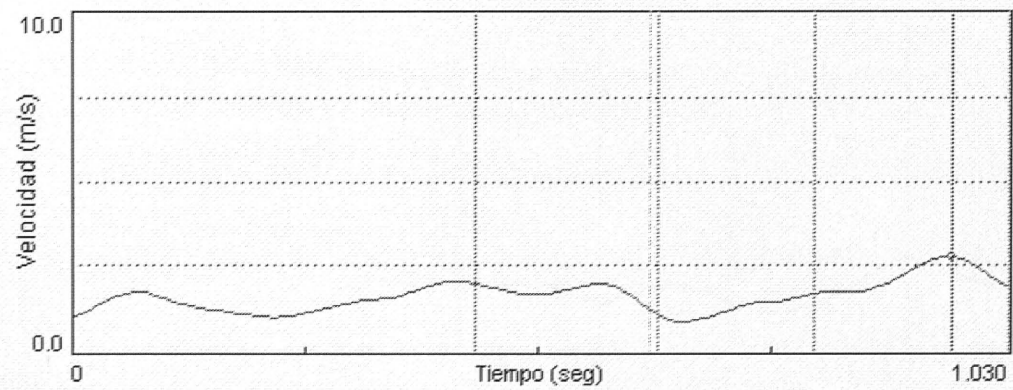
Bext.Rejec. Izquierda



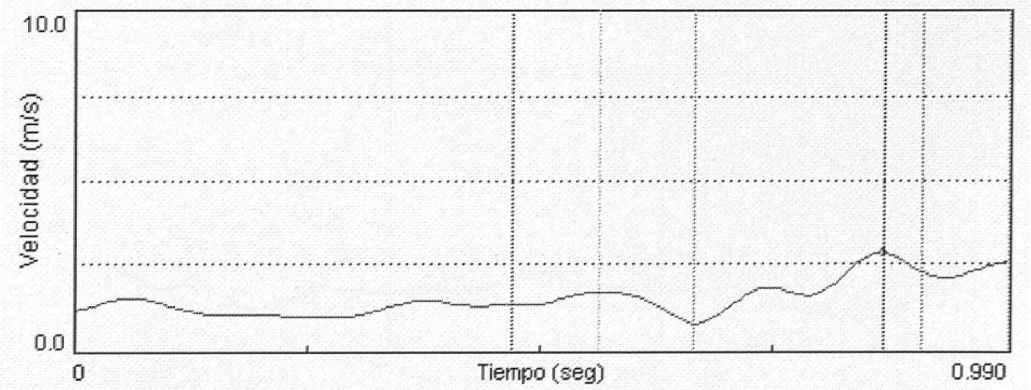
Bext.Rejec. Derecha



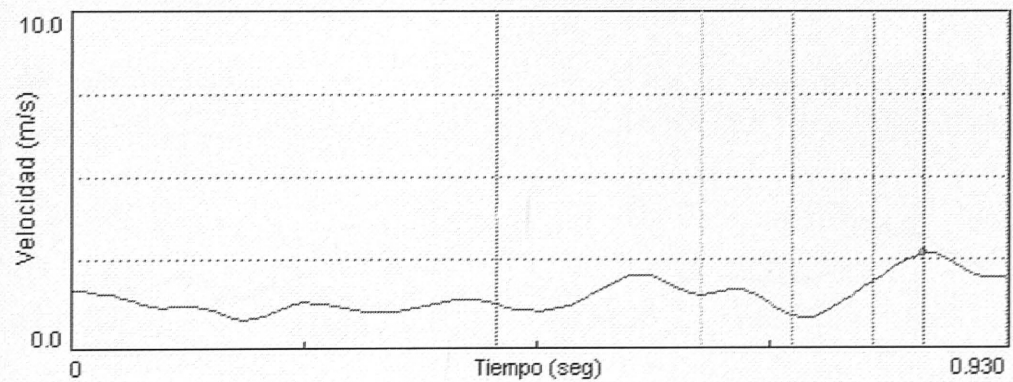
Bflex.Rnoejec. Izquierda



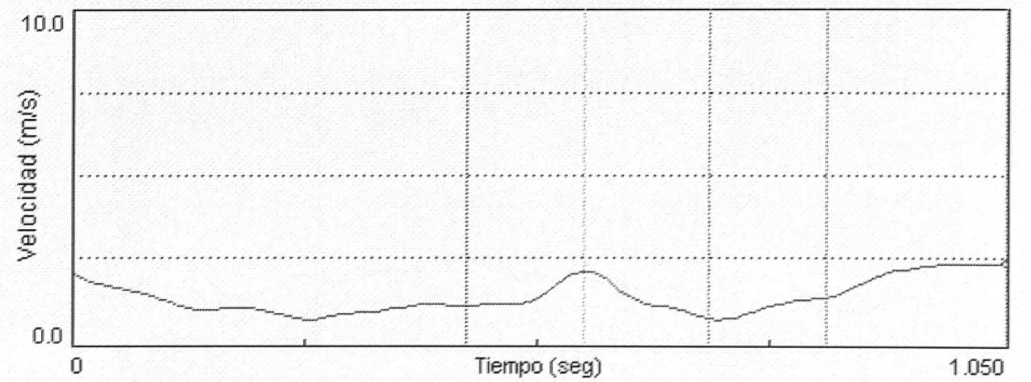
Bflex.Rnoejec. Derecha



Bflex.Rejec. Izquierda

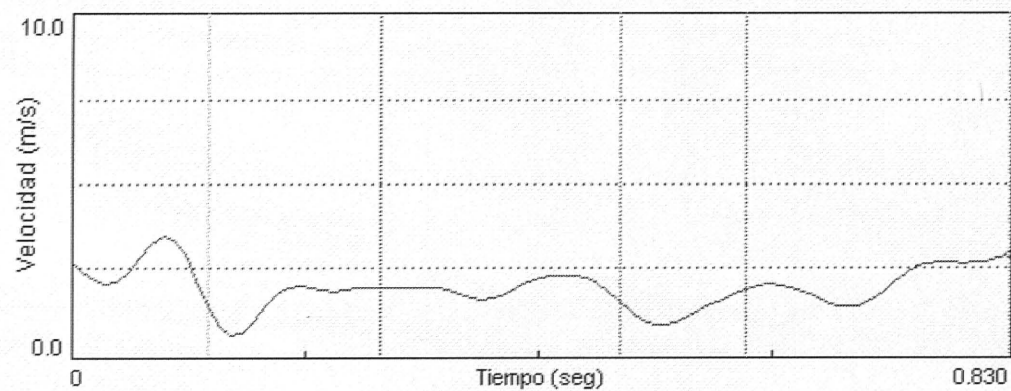


Bflex.Rejec. Derecha

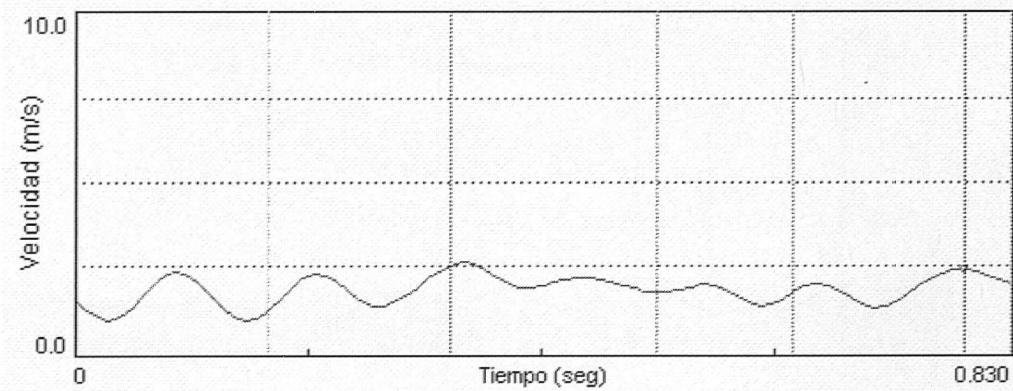


## Sujeto 14

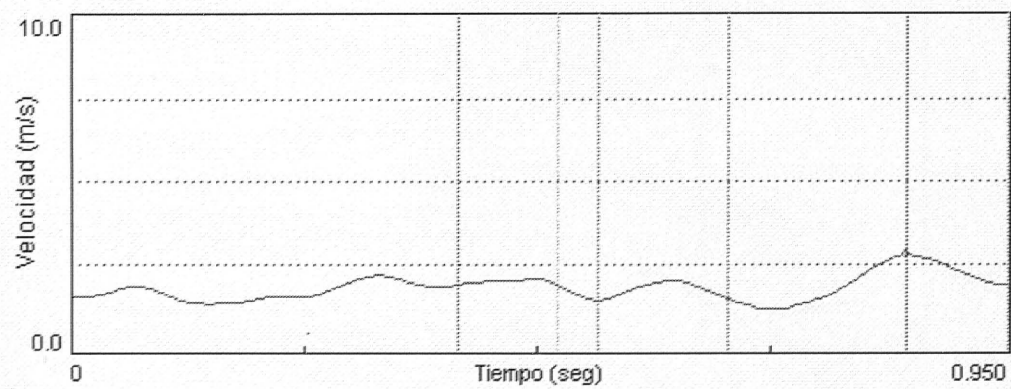
NRdom. Izquierda



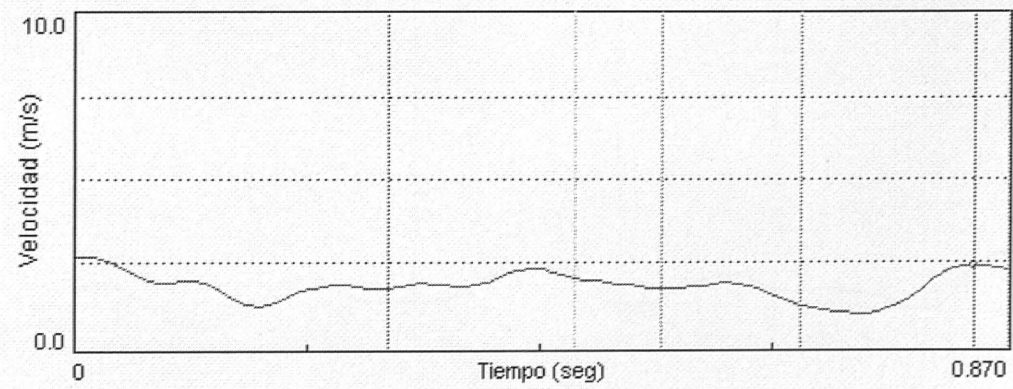
NRdom. Derecha



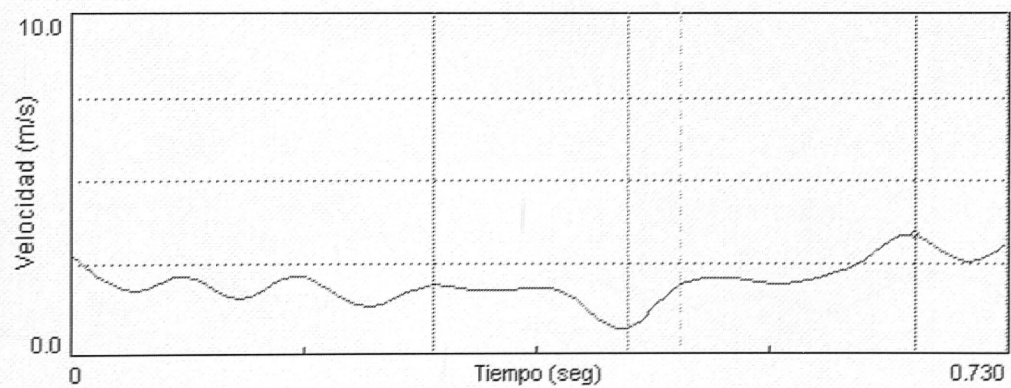
NRnodom. Izquierda



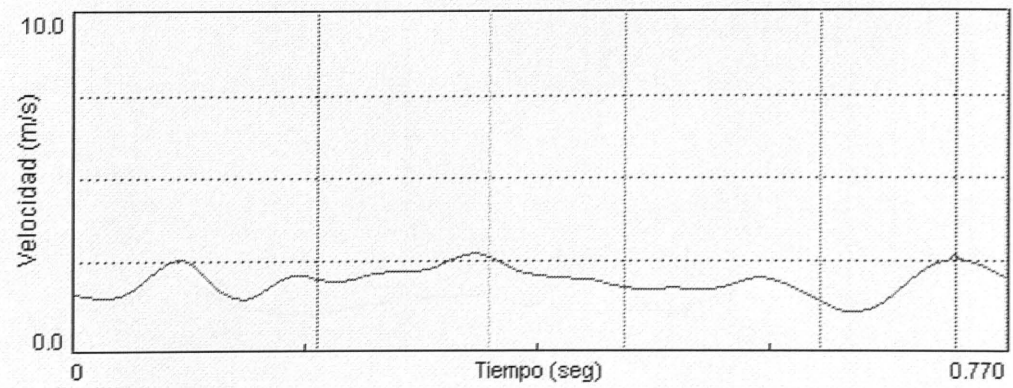
NRnodom. Derecha



NSR Izquierda

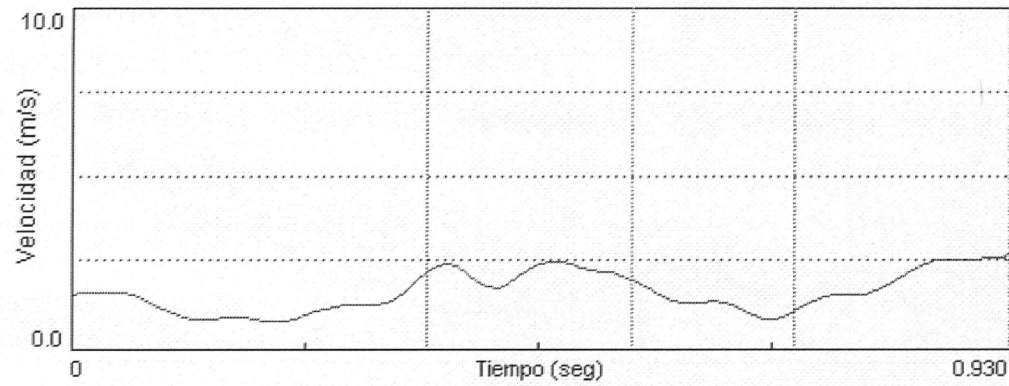


NSR Derecha

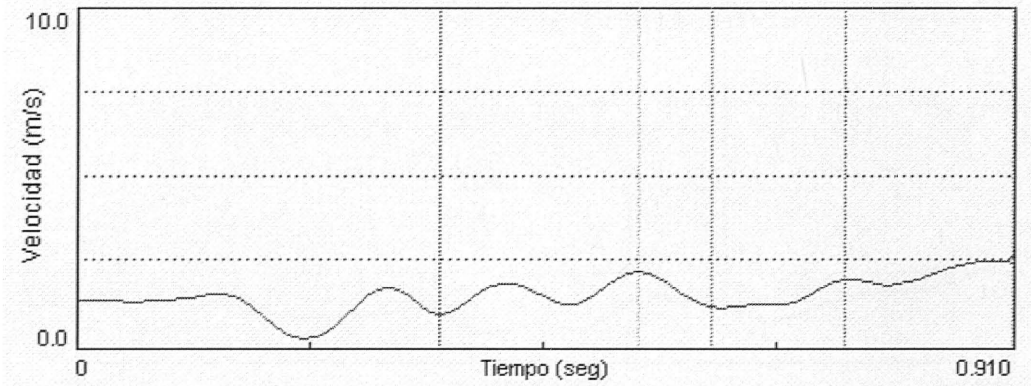


## Sujeto 14

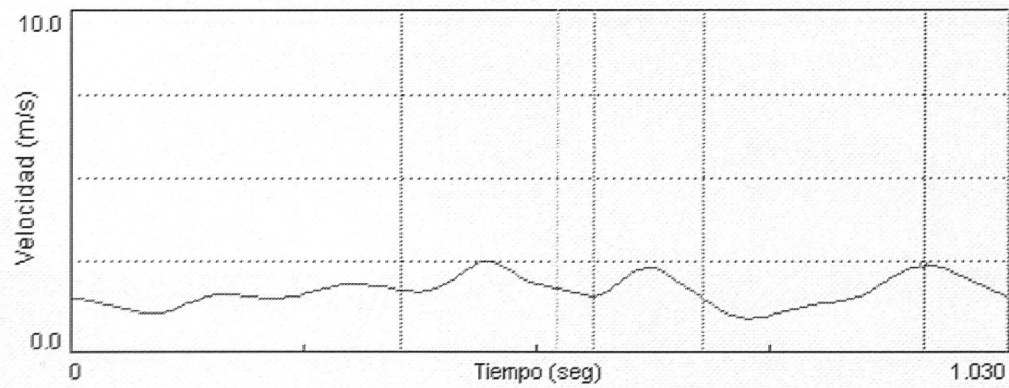
Bext.Rejec. Izquierda



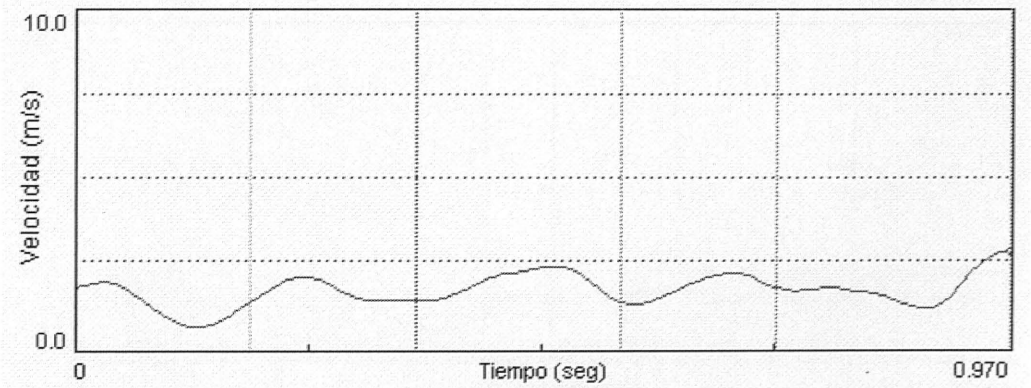
Bext.Rejec. Derecha



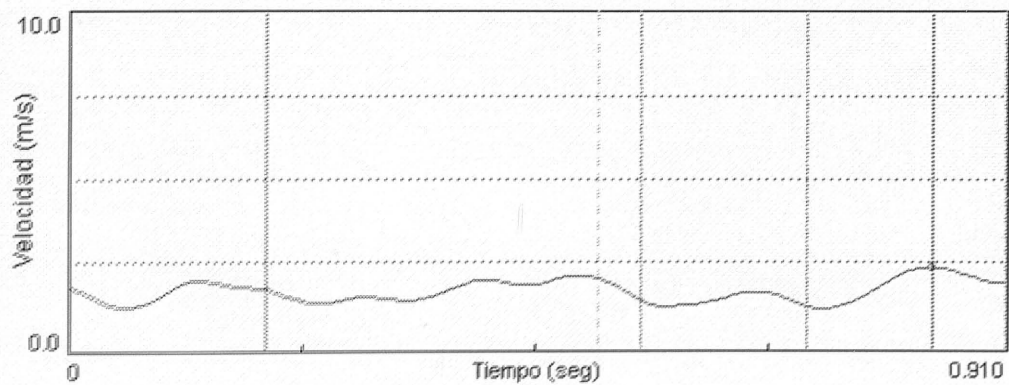
Bflex.Rnoejec. Izquierda



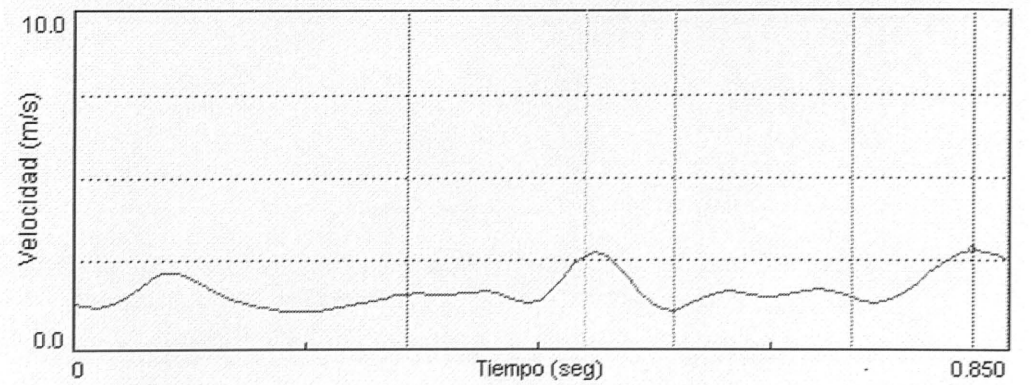
Bflex.Rnoejec. Derecha



Bflex.Rejec. Izquierda



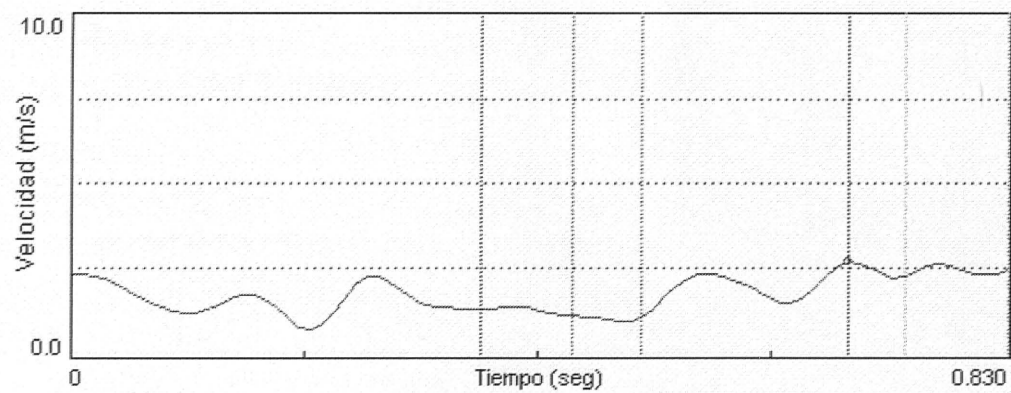
Bflex.Rejec. Derecha



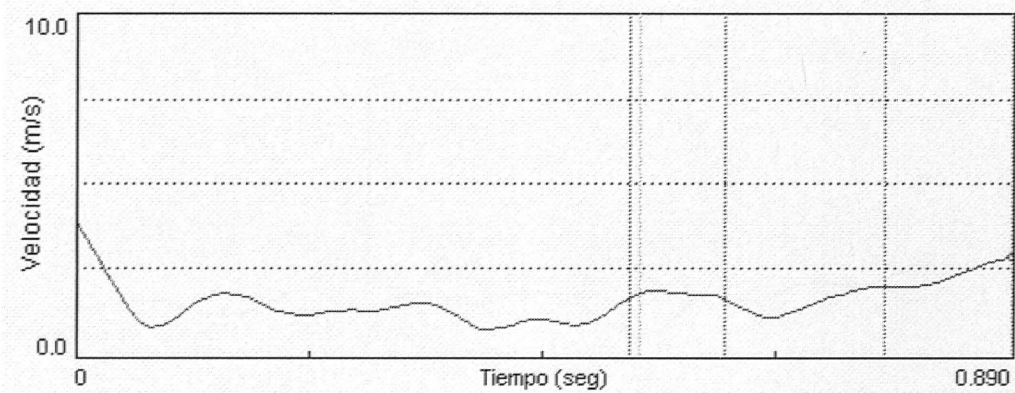


## Sujeto 15

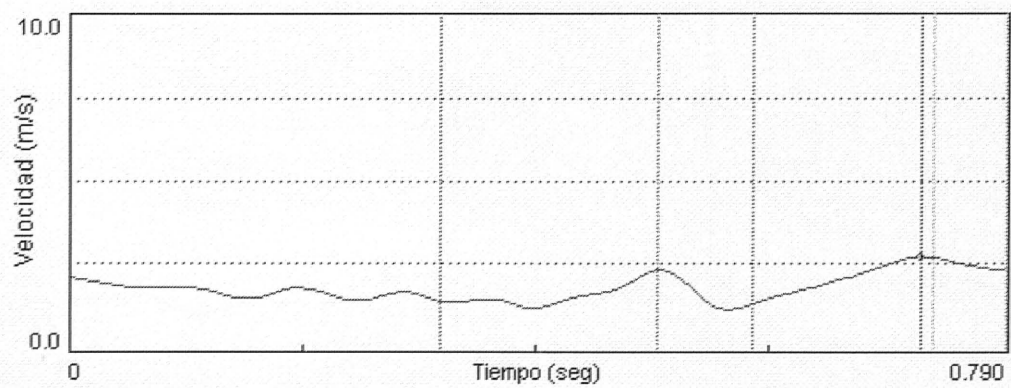
NRdom. Izquierda



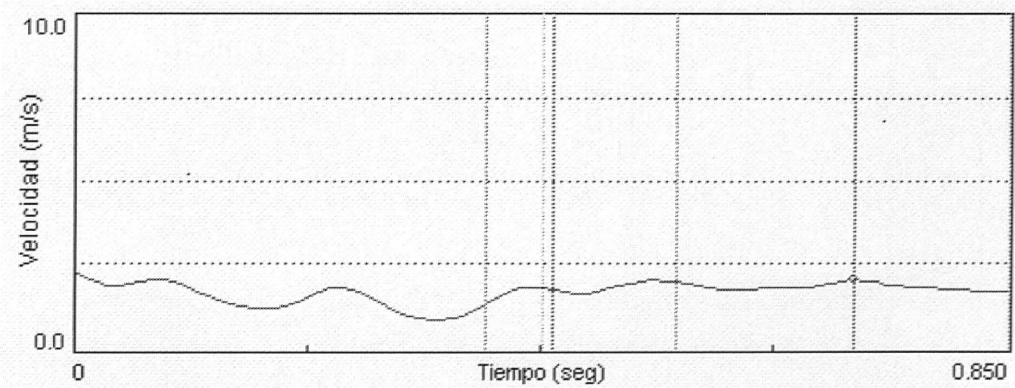
NRdom. Derecha



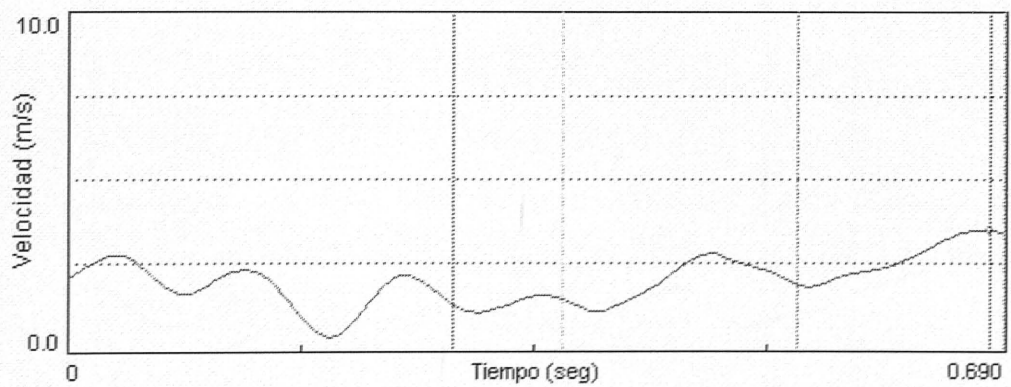
NRnodom. Izquierda



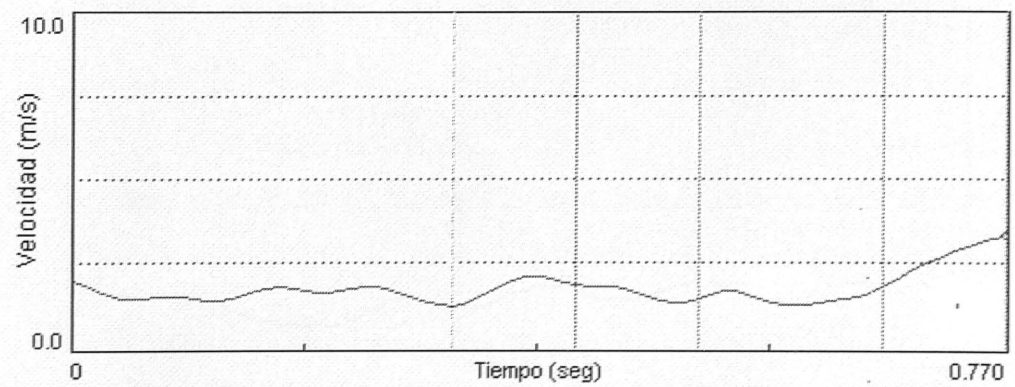
NRnodom. Derecha



NSR Izquierda

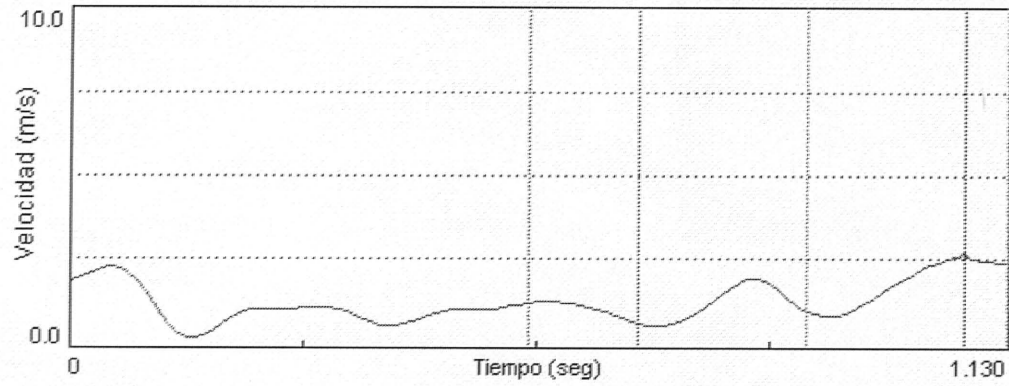


NSR Derecha

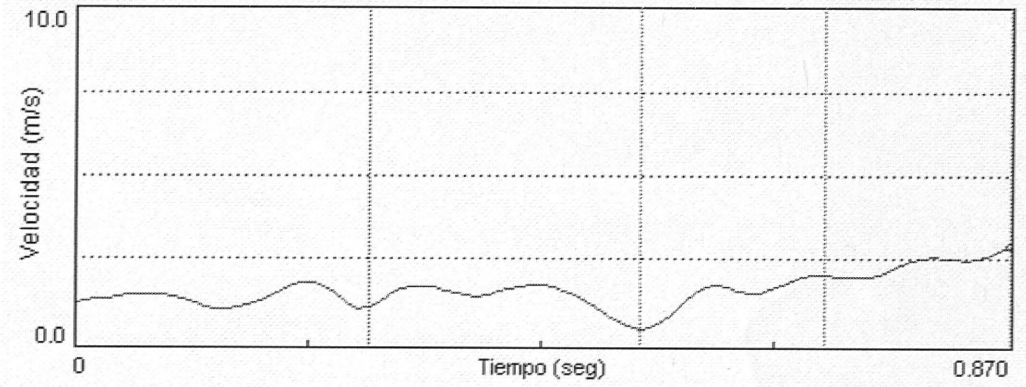


Sujeto 15

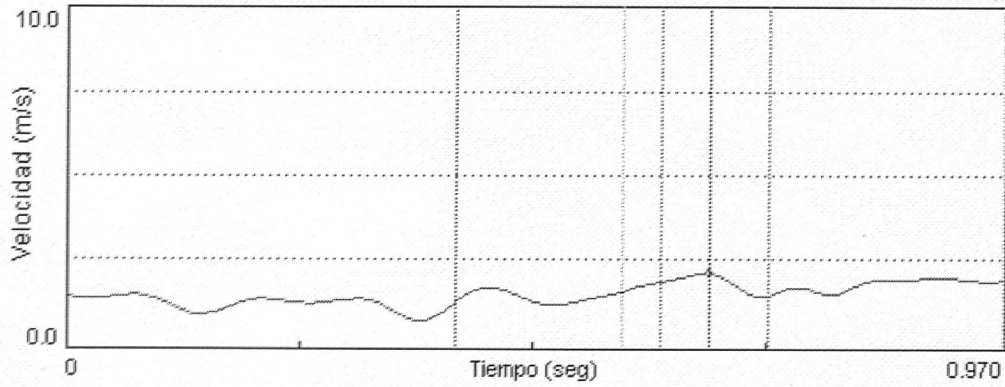
Bext.Rejec. Izquierda



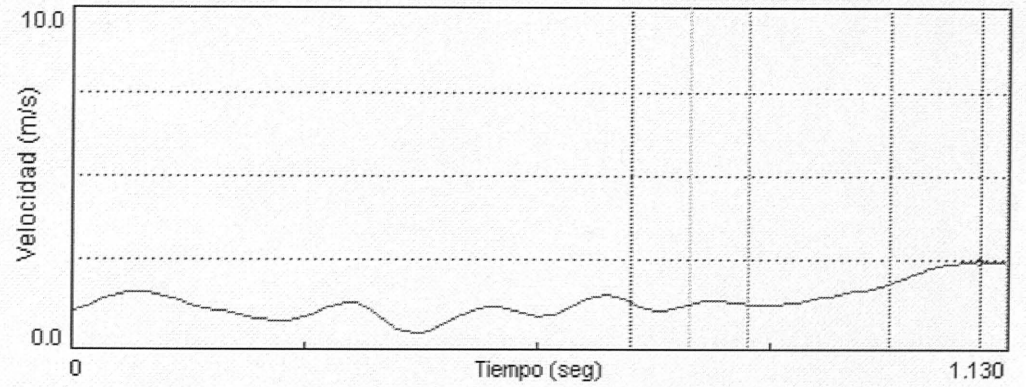
Bext.Rejec. Derecha



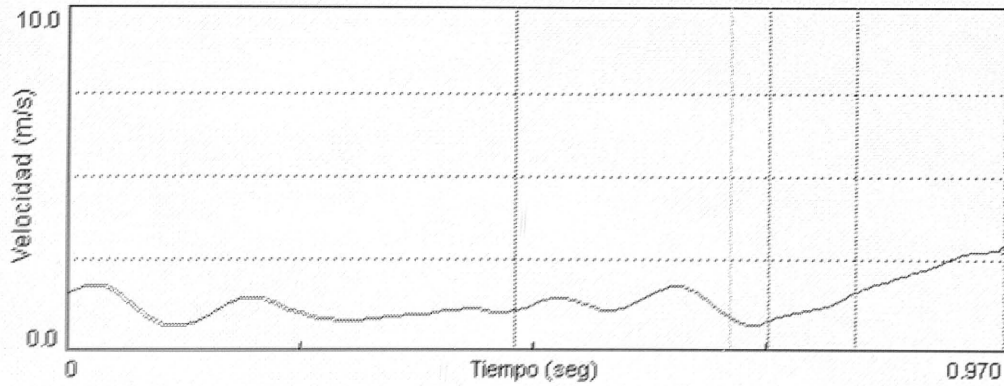
Bflex.Rnoejec. Izquierda



Bflex.Rnoejec. Derecha



Bflex.Rejec. Izquierda



Bflex.Rejec. Derecha

