

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**



**SEMINARIO DE GRADUACIÓN**

**TEMA:**

INCIDENCIA DE LAS CIENCIAS APLICADAS EN EL DEPORTE COMPETITIVO Y ACTIVIDAD FÍSICA, EN RELACIÓN AL RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD FÍSICA, EN EL DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR Y LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, DURANTE EL AÑO 2017

**SUB-TEMA:**

“LOS FACTORES BIOMECÁNICOS QUE INFLUYEN EN EL RENDIMIENTO ESTILO MARIPOSA DE LOS INTEGRANTES DE LA SELECCIÓN DE NATACIÓN NIVEL AVANZADO FEMENINO Y MASCULINO DEL INSTITUTO NACIONAL “GENERAL FRANCISCO MENÉNDEZ”, DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR, AÑO 2017”

**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO POR:**

RAÚL ALBERTO SANABRIA MÉNDEZ  
JOSÉ ANTONIO ALEMÁN NAVARRO  
GERSON JOSUÉ MONTOYA ARIAS

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE**  
LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN ESPECIALIDAD EDUCACIÓN FÍSICA  
DEPORTES Y RECREACIÓN

**DOCENTE DIRECTOR**

MS. ED. GD. JOSÉ WILFREDO SIBRIÁN GÁLVEZ

**COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

DR. RENATO ARTURO MENDOZA NOYOLA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C.A, OCTUBRE DE 2017

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

Mtro. Roger Armando Arias Alvarado

**VICE-RECTOR ACADÉMICO**

Dr. Manuel de Jesús Joya

**VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO**

Ing. Nelson Bernabé Granados

**SECRETARIO GENERAL**

Mtro. Cristóbal Ríos

**AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES**

**DECANO**

MsD. José Vicente Cuchillas Melara

**VICE-DECANO**

MTI. Edgar Nicolás Ayala

**SECRETARIO GENERAL**

Mtro. Héctor Daniel Carballo Díaz

**AUTORIDADES DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

MSD. OSCAR WUILMAN HERRERA RAMOS

**COORDINADOR DE LOS PROCESOS DE GRADUACIÓN**

DR. RENATO ARTURO MENDOZA NOYOLA

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar a Dios, porque ha sido Él que me ha concedido con su gran poder, el lograr presentar satisfactoriamente este trabajo; su palabra misma lo dice: “Sin mi nada podéis hacer”.

A mis padres, que tanto se han esmerado por mí y que siempre estuvieron ahí cuando más los necesite, mostrándome su amor, afecto y cariño. Los amo mucho.

A mi querida esposa, que siempre estuvo a mi lado apoyándome en cada momento, agradezco sus palabras de aliento y motivación ante los momentos difíciles que pasé. La amo con todo mi corazón.

Agradezco finalmente a todas las personas involucradas en este trabajo, gracias por apoyarme y abrirme sus puertas para que pudiera realizar este trabajo.

**Br. Raúl Alberto Sanabria Méndez**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios celestial, porque Él ha sido el autor principal de este trabajo, le doy infinitamente gracias por la sabiduría que me ha dado y la permisión de haberlo finalizado

A mis padres que me dieron la vida y la educación que me ha hecho una mejor persona, inculcándome valores y el espíritu de lucha para poder superar los obstáculos que se me han presentado en el camino; a ellos les debo todo lo que ahora soy. Muchas gracias, les debo la vida.

A mis hermanos que tanto me apoyaron a pesar de la distancia, han estado conmigo en los momentos buenos y malos. Siempre conté con ellos. Les agradezco de todo corazón.

A toda mi familia que me apoyó con sus palabras de ánimo en aquellos momentos que lo necesitaba, hoy les digo “Gracias”, los quiero mucho.

Finalmente, quiero dar mis agradecimientos a todas las personas conocidas y no conocidas que nos brindaron su apoyo durante la elaboración de este trabajo.

**Br. José Antonio Alemán Navarro**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, primeramente, por haberme permitido llegar a un feliz término en esta investigación, dándome la vida y la sabiduría que he necesitado durante este tiempo de arduo trabajo. Para Él sean los honores y la Gloria porque sin su asistencia Divina, nada hubiese sido posible y cuando la desesperación y la angustia trató de dominarme, ahí estaba para fortalecerme evitando que pudiera desistir a mi objetivo.

A mis queridos padres, que siempre estuvieron pendientes de mí, dándome ánimo desde el primer día que emprendí este proyecto, gracias por su contribución económica, pero sobre todo por el amor que siempre me mostraron para que lograra salir adelante.

A toda mi familia: hermanos, primos, tíos y abuelos que tanto influyeron para que me esforzara a lograr mi objetivo, gracias por su apoyo y consejos, siempre los tendré muy en cuenta.

Finalmente agradezco, a todas aquellas personas que de alguna u otra forma colaboraron en esta investigación. Muchas gracias, que Dios les bendiga con gracia y prosperidad, los recordaré siempre.

**Br. Gerson Josué Montoya Arias**

## **Contenido**

CAPITULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	3
1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	6
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
<b>1.4 ALCANCES Y DELIMITACIONES .....</b>	<b>8</b>
<b>1.4.1 ALCANCES .....</b>	<b>8</b>
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
SISTEMA DE HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	11
1.6 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	10
CAPÍTULO II .....	14
MARCO TEÓRICO .....	14
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	14
2.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS .....	14
2.1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA NATACIÓN .....	14
2.1.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA NATACIÓN EN EL SALVADOR	16
2.1.4 FEDERACION SALVADOREÑA DE NATACIÓN.....	19
2.1.5 DATOS HISTÓRICOS DE LA NATACIÓN EN EL INSTITUTO NACIONAL GENERAL FRANCISCO MENÉNDEZ (INFRAMEN) .....	20

2.1.7 LOS PRIMEROS INVESTIGADORES EN EL ÁMBITO DE LA NATACIÓN..	24
2.1.8 APORTES A LA BIOMECÁNICA DE LA NATACIÓN EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA .....	29
2.1.9 APORTES A LA BIOMECÁNICA DE LA NATACION EN CANADÁ .....	31
2.1.10 APORTES A LA BIOMECÁNICA DE LA NATACION EN AUSTRALIA .....	32
2.1.11 APORTES A LA BIOMECÁNICA DE LA NATACION EN JAPÓN.....	32
2.1.12 APORTES A LA BIOMECÁNICA DE LA NATACION EN ESPAÑA.....	33
2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	34
2.2.1 LA FUNCIÓN DE LA BIOMECÁNICA DEPORTIVA .....	34
2.2.3 OBJETIVOS DE LA BIOMECÁNICA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE.....	36
2.2.4 PRINCIPIOS DE LA BIOMECÁNICA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE.....	37
2.2.5 TEMÁTICAS ACTUALES EN ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO Y SUS APLICACIONES EN EL DEPORTE.....	38
2.2.6 METODOLOGÍA BIOMECÁNICA TRADICIONAL PARA EL ANÁLISIS E INTERVENCIÓN DE LA TÉCNICA DEPORTIVA .....	40
2.2.7 LA BIOMECÁNICA COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA TÉCNICA DEPORTIVA .....	43
2.2.8 EL ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA NATACIÓN .....	51
2.2.8.1 RESISTENCIA QUE OPONE EL AGUA AL AVANCE DEL SER HUMANO EN SU INTERIOR.....	53

2.2.8.2 RESISTENCIA DE FORMA O PRESIÓN .....	53
2.2.8.3 RESISTENCIA DEBIDA AL OLEAJE .....	55
2.2.8.4 RESISTENCIA POR FRICCIÓN O DEBIDA AL ARRASTRE VISCOSO (SUPERFICIAL).....	56
2.2.8.5 INSTRUMENTAL DE MEDIDA PARA EL ANÁLISIS Y LA EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD NATATORIA.....	57
2.2.8.6 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS CINEMÁTICO .....	57
2.2.8.7ANÁLISIS DE LA TÉCNICA DE NADO .....	58
2.2.8.8 SISTEMA DE ANÁLISIS TEMPORAL EN NATACIÓN (TSAS). .....	60
2.2.8.9 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS CINÉTICO DEL MOVIMIENTO ..	60
2.2.9 LEYES DE NEWTON APLICADAS A LA NATACIÓN.....	63
2.2.10.1 EL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.11 LOS ESTILOS DE NATACIÓN .....	66
2.2.12.1 ESTILO CROL .....	66
2.2.12.2 ESTILO ESPALDA .....	67
2.2.12.3 ESTILO BRAZA O DE PECHO .....	67
2.2.12.4 ESTILO MARIPOSA.....	68
2.2.13 TEST DE NATACIÓN .....	77
2.2. 13.1 TEST 7 X 200 .....	79
2.2.13.3 TEST PARA CALCULAR EL R2.....	81
2.2.13.4 TEST DE NATACIÓN T-20 .....	82

2.2.13.5 TEST DE NATACIÓN GOLF T-G .....	83
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	84
CAPÍTULO III .....	89
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	89
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	89
3.3 MUESTRA.....	89
3.4 ESTADÍSTICA, MÉTODO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	91
3.4.1 MÉTODO ESTADÍSTICO .....	91
3.4.3 TÉCNICAS .....	91
3.4.4 INSTRUMENTOS .....	92
3.5 VALIDACIÓN.....	93
3.6 METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS.....	95
CAPÍTULO IV.....	98
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS .....	98
4.1 ORGANIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS DATOS .....	98
4.2 RESULTADOS DEL TEST DE NATACIÓN 25 METROS ESTILO MARIPOSA .....	99
4.4 COMPROBACION DE HIPÓTESIS .....	122
4.4.1 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN .....	123
4.5 VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.....	127

CAPÍTULO IV.....	129
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	129
5.1 CONCLUSIONES.....	129
5.2 RECOMENDACIONES .....	132
BIBLIOGRAFÍA.....	135

## INTRODUCCIÓN

Algunos autores consideran el agua como un espacio de acción donde el ser humano desarrolla su actividad de forma totalmente diferente al espacio terrestre. Las propiedades físicas del agua, obligan a una adaptación de nuestra motricidad a través del aprendizaje de las habilidades motrices específicas del medio acuático, ya que este medio es más fluido y denso que el aire, modificando nuestra referencia terrestre de apoyo y equilibrio y nuestra forma de desplazarnos, y también, lo que consideramos uno de los puntos clave, modificando la mecánica de la respiración.

El ser humano ha tratado de vencer esta desventaja que posee con respecto al medio acuático, llegando muchas veces a desafiar las aguas turbulentas que le podrían ocasionar serios daños a su vida. Muchos utilizan este medio para lograr triunfos, es el caso de los nadadores que se dedican a buscar buenos resultados en la natación. Una ciencia que es fundamental en esta disciplina deportiva es la Biomecánica deportiva, la cual aporta conocimientos importantes desde el punto de vista del movimiento del nadador.

Tomando en cuenta lo anterior, nos hemos propuesto la tarea de analizar los factores biomecánicos que influyen en el rendimiento del estilo mariposa de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017, para lo cual, hemos tomado en cuenta los pasos del método científico, elaborando el siguiente trabajo de investigación que está conformada por cinco capítulos clasificados de la siguiente manera:

**Capítulo I:** plantea el problema por medio de la situación problemática, el enunciado del problema, la justificación, los alcances y delimitaciones, así como el establecimiento de los objetivos que orientarán esta investigación y las hipótesis de la investigación.

**Capítulo II:** se desarrolla el marco teórico en el cual se detallan los antecedentes de la investigación, los fundamentos teóricos y la definición de términos básicos.

**Capítulo III:** hace referencia a la metodología de la investigación el tipo de investigación, la población, muestra, métodos, técnicas e instrumentos de investigación, los procedimientos, la validación y fiabilidad de los instrumentos y finalmente, la metodología y procedimiento utilizado para la recolección de los datos.

**Capítulo IV:** se presentan los datos que se obtuvieron al finalizar la investigación con sus tablas respectivas, gráficos y se interpretan de manera científica, dando una valoración si se cumple o no la hipótesis de investigación.

**Capítulo V:** se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron al finalizar el estudio, incluyendo la tabla de registro que se utilizó para realizar el test de natación 25 metros estilo mariposa, fotografías del escenario, cronograma de actividades y la ubicación geográfica del lugar donde se realizó la investigación.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

Antes de realizar un estudio en el tema de investigación es importante tener en cuenta el concepto de Biomecánica, según el diccionario de la Real Academia Española (RAE), la Biomecánica es la ciencia que estudia la aplicación de las leyes de la mecánica a la estructura y el movimiento de los seres vivos. En el mismo sentido, debemos reconocer también la existencia de la Biomecánica Deportiva, que es la ciencia que aplica las leyes de la Física al estudio del movimiento humano. El desarrollo de esta ciencia está bastante relacionado con la tecnología, propiamente con el uso del video y la fotogrametría para poder explicar de manera detallada el gesto técnico de los movimientos efectuados por una persona en el ámbito deportivo. En la natación la Biomecánica estudia la Física de los movimientos que el nadador hace en el agua.

En varios países del mundo, las investigaciones de la Biomecánica han influido para que otras ciencias también puedan apoyarse en sus resultados, como por ejemplo la Medicina y la Ergonomía. La Biomecánica deportiva pretende explicar los movimientos que se generan en una técnica determinada con el objetivo de hacer precisiones acerca de la forma correcta de realizarlos, contribuir a la prevención de lesiones, diseñar implementos deportivos, mayor rendimiento en cualquier área ya sea de enseñanza, competitiva o de recreación. La Biomecánica podría ser de mucho beneficio para el entrenador al momento de tener que seleccionar un plan de entrenamiento y la mejor técnica deportiva a ejecutar, todo esto con el fin de obtener muy buenos resultados.

En la actualidad son abundantes los estudios realizados sobre el gesto técnico en la natación. En todos sus estilos la constante indagación en la técnica está conllevando a que para obtener un óptimo rendimiento físico sea de obligado cumplimiento conocer perfectamente la ejecución de la técnica. Recientes investigaciones confirman que la técnica deportivo-motora es un conjunto de instrucciones con validez actual, en el que se pueden orientar tanto los entrenadores como los nadadores; es el procesamiento para la solución de problemas de movimientos existentes, con validez actual; es una abstracción de múltiples desarrollos de movimientos individuales y por tanto un modelo exterior para procesos de movimiento.

En la natación, para que un profesor de Educación Física o entrenador pueda lograr sus objetivos, se requiere que además de conocer correctamente los estilos de nado, tenga conocimientos bastante amplios acerca de la Biomecánica de la natación, los cuales influirán de manera determinante en los resultados que el deportista adquiera.

A pesar que la Biomecánica actualmente cuenta con una mayor aceptación que en tiempos anteriores, todavía existe una visión errada acerca de esta ciencia por parte de entrenadores deportivos, atletas, profesores de Educación Física y administradores que conducen y/ o gobiernan el deporte. En El Salvador se identifican algunas causas que dan origen a que la Biomecánica quede como poco utilizable para este ámbito, a continuación las describimos de manera breve:

La falta de investigación en nuestro país con relación al área de la Biomecánica Deportiva, en la que se carece de antecedentes que puedan aportar de manera significativa al deporte nacional; en gran medida influenciada por la poca formación de profesores de Educación Física y entrenadores deportivos que no cuentan con los conocimientos necesarios para desempeñarse en este campo.

El no contar con tecnología deportiva adecuada como cámaras de video y cámaras fotográficas, hacen imposible el análisis biomecánico de los movimientos técnicos que los atletas realizan, por tanto, no se logra que el entrenador y los atletas puedan verificar a través estos recursos, la manera de ejecutar cada movimiento en una técnica determinada y corregir aquellas que pueden ser motivo para adquirir algún tipo de lesión.

El poco interés que hay por parte de los entrenadores y profesores de Educación Física en apoyarse en la Biomecánica, la cual contribuiría a perfeccionar cada movimiento realizado por el atleta. Este poco interés hace que esta ciencia sea considerada por muchos como una pérdida de tiempo durante el entrenamiento, quitándole la relevancia que esta tiene y continuando así con los mismos métodos empíricos de siempre que no dan paso a la científicidad en el deporte.

En los seleccionados de natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, no existe ni ha existido nunca un estudio biomecánico que permita analizar mecánicamente el movimiento en los distintos estilos de nado de los atletas, por diferentes motivos que no lo hayan permitido.

Es por eso que teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación pretende realizar un análisis de los factores biomecánicos que influyen en el rendimiento estilo mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017, basándose en leyes mecánicas y en métodos que incluyan conocimientos anatómicos y fisiológicos.

## **1.2 ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son los factores biomecánicos que influyen en el rendimiento estilo mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017?.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La natación es un deporte que se realiza en el medio acuático para el cual el ser humano no está diseñado por no ser su medio natural teniendo en consideración los aspectos evolutivo, biológico, psicológico, etc. Sin embargo, este puede lograr a través de la práctica, dominar ese entorno que no forma parte de su naturaleza y con tiempo y esfuerzo se llega al aprendizaje y perfeccionamiento de las actividades acuáticas. Por ello, se hace necesario que los profesores de natación desarrollen una metodología orientada a que el alumno logre adaptarse adecuadamente al medio acuático, por lo que deberían de tenerse en cuenta los aportes científicos de la Biomecánica que es considerada como una ciencia que desempeña un papel muy importante en todas las disciplinas deportivas.

Muchas veces se pone en evidencia que un campeón no se hace recurriendo solamente a la mera técnica, condición física o aspectos psicológicos, se debe tener muy en consideración los aportes científicos que la Biomecánica ha hecho a lo largo de los últimos años y que con seguridad continuará haciendo en beneficio del ser humano y de manera concreta en el ámbito deportivo.

Los conocimientos que esta ciencia aporta a la natación deben ser considerados por los entrenadores de esta disciplina deportiva, como un recurso científico que influye de manera significativa en el rendimiento de sus atletas.

Para que un entrenador de cualquier deporte en general, tenga una buena habilidad para localizar las causas básicas de los errores técnicos de sus atletas, debe apoyarse de la Biomecánica, aunque también debe tener en cuenta otros aspectos que influyen y que no debe ignorar; pero realmente si un entrenador, quiere prescindir de la Biomecánica, podría estar fabricando su propio fracaso y por consecuencia el de sus atletas.

Teniendo en consideración lo anterior, para que un nadador sea parte de los mejores en su disciplina deportiva, los entrenadores no solo deben recurrir a los elementos técnicos, físicos, tácticos o psicológicos, sino también, apoyarse en los conocimientos ya existentes que brinda la Biomecánica a la natación.

Es importante realizar este estudio, ya que en nuestro país no se orientan suficientes esfuerzos para investigar en relación a la Biomecánica deportiva y menos aún en la natación, por lo que se considera necesario indagar acerca de los factores biomecánicos que inciden en el estilo mariposa, de la selección de Natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017.

Dentro de los beneficios que esta investigación traería, se encuentran los siguientes: ser un recurso valioso para los seleccionados de natación en cuanto al análisis biomecánico que se realice en cada uno de ellos, el entrenador tendrá un análisis científico acerca de la forma en que sus seleccionados ejecutan el nado en el estilo mariposa y en alguna medida, que los seleccionados puedan tener mayor posibilidad de conseguir mejores resultados en sus competiciones.

Se espera que los resultados obtenidos en esta investigación, sirvan como referencia para investigaciones futuras, además de proporcionar información de mucho valor al grupo de seleccionados, entrenador e institución educativa en general.

## **1.4 ALCANCES Y DELIMITACIONES**

### **1.4.1 ALCANCES**

Este estudio permitirá analizar la Biomecánica de la natación en el estilo mariposa, haciendo uso de tecnología, donde se pretende recopilar la información necesaria para determinar los gestos técnicos correctos, en los integrantes de la Selección de natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”.

### **1.4.2 DELIMITACIONES**

#### **1.4.2.1 Espacial**

La investigación se realizó en el Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, ubicado en la 20 Avenida Norte y 29 Calle Oriente, San Salvador, El Salvador, C.A.

#### **1.4.2.2 Temporal**

La investigación se realizó tomando como base de estudio el periodo comprendido entre el mes de marzo de 2017 hasta septiembre de 2017.

#### **1.4.2.3 Social**

El objeto de estudio fue conformado por los seleccionados de natación del nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador.

## **1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

- Analizar los factores biomecánicos que influyen en el rendimiento estilo mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar las dificultades biomecánicas que afectan en el rendimiento estilo mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017.

- Verificar en los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017, si realizan una técnica correcta en el estilo mariposa.

- Analizar los resultados obtenidos en las competencias por los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017.

## **1.6 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.6.1 HIPÓTESIS GENERALES**

- **Ha:** los factores biomecánicos afectan de manera negativa en el rendimiento estilo mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez” año 2017.

- **Ho:** los factores biomecánicos no afectan de manera negativa en el rendimiento estilo mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017.

### **1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- Las dificultades biomecánicas afectan significativamente en el rendimiento estilo mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017.

- Los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017 presentan dificultades al realizar la técnica correcta en el estilo mariposa.

- Los resultados obtenidos en las competencias por los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017, son insatisfactorios para el entrenador.

## SISTEMA DE HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tema: “Los factores biomecánicos que influyen en el rendimiento estilo Mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017”**

Enunciado del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Conceptualización
<p>¿Cuáles son los factores biomecánicos que influyen en el rendimiento estilo Mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017?</p>	<p><b>General:</b> Analizar los factores biomecánicos que influyen en el rendimiento del estilo mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017</p>	<p><b>General:</b></p> <p><b>Ha:</b> los factores biomecánicos afectan de manera negativa en el rendimiento estilo Mariposa de los integrantes de la selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Factores Biomecánicos</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Si afectan en el rendimiento estilo Mariposa de natación</p>	<p>Postura</p>	<p>Manera de tener colocado el cuerpo</p>
				<p>Coordinación</p>	<p>Capacidad para realizar un conjunto de movimientos distintos y a la misma vez</p>
				<p>Estilo de nado</p>	<p>Es una forma o tipo de nado en específico</p>
		<p><b>Ho:</b> los factores biomecánicos no afectan de manera negativa en el rendimiento estilo Mariposa de los integrantes de la selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez” año 2017</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Los factores biomecánicos</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>No afectan de manera negativa en el rendimiento estilo Mariposa de natación</p>	<p>Ángulo de Movimiento</p>	<p>Abertura entre dos líneas que se unen en un punto</p>
		<p>Envergadura de los brazos</p>	<p>Medida de los brazos extendidos</p>		

	<p><b>Específicos:</b></p> <p>Identificar las dificultades biomecánicas que afectan en el rendimiento estilo Mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador año 2017</p>	<p><b>Específicas:</b></p> <p>Las dificultades biomecánicas afectan significativamente en el rendimiento estilo Mariposa, en los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Dificultades Biomecánicas</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Existe un efecto significativo en el rendimiento estilo Mariposa de natación</p>	Ciclo de brazada	Movimientos completos de ambos brazos durante el desplazamiento en la natación
				Tiempo	Periodo en el que transcurre una acción
				Competencias	Participación en competiciones deportivas
	<p>Verificar en los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017, si realizan una técnica correcta en el estilo Mariposa</p>	<p>Los seleccionados de natación nivel avanzado, presentan dificultades al realizar la técnica correcta del estilo mariposa.</p>	<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Dificultades Biomecánicas de los seleccionados de natación nivel avanzado</p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Técnica incorrecta en el estilo Mariposa de natación</p>	Metodología	Forma en la cual se enseña una habilidad, esperando alcanzar los objetivos propuestos
				Tecnología deportiva	Utilización de recursos tecnológicos que contribuyen a mejorar en el ámbito deportivo
				Instalaciones deportivas	Lugar construido específicamente para el aprendizaje o la práctica deportiva

	<p>Analizar los resultados obtenidos en las competencias por los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, departamento de San Salvador, año 2017</p>	<p>Los resultados obtenidos en las competencias por los seleccionados de natación nivel avanzado, son insatisfactorios para el entrenador</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Resultados obtenidos en las competencias</p> <p><b>Variable Dependiente</b></p> <p>Los resultados obtenidos no son los esperados por el entrenador</p>	<p>Material deportivo</p>	<p>Elementos utilizados para el aprendizaje o entrenamiento de un deporte</p>
--	--	---	--	---------------------------	---

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

Para abordar la temática expuesta en este trabajo, se visitaron las bibliotecas de la Universidad Pedagógica de El Salvador (UPED), Universidad de El Salvador (UES) y el Instituto Nacional de los Deportes (INDES), con el propósito de encontrar investigaciones relacionadas al tema planteado en este trabajo; sin embargo no fue posible obtener ningún hallazgo. Por tanto, se ha utilizado un trabajo correspondiente a otra ubicación geográfica que proporciona un aporte a esta investigación.

La investigación titulada *Biomecánica de la Natación* realizada en el programa del Bachillerato de investigación del IES. Juan Gris Móstoles (Madrid) realizada por María Pardo Díaz en el año 2016, tenía como objetivo analizar mediante el estudio de vídeos e imágenes a un grupo de 6 nadadores, en los cuales, se dividió el cuerpo en distintas partes con el fin de hacer un análisis más exhaustivo sobre la mejor técnica para cada uno de ellos.

Los resultados obtenidos en este estudio fueron utilizados para mejorar el estilo de nado de estos deportistas.

##### **2.1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS**

##### **2.1.2 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA NATACIÓN**

El origen de la natación es ancestral y se tiene prueba de ello a través del estudio de las más antiguas civilizaciones. El dominio de la natación, del agua, forma parte de la adaptación

humana desde que los primeros homínidos se transformaron en bípedos y dominaran la superficie terrestre.

Ya entre los egipcios el arte de nadar era uno de los aspectos más elementales de la educación pública, así como el conocimiento de los beneficios terapéuticos del agua, lo cual quedó reflejado en algunos jeroglíficos que datan del 2500 antes de Cristo.

En Grecia y Roma antiguas se nadaba como parte del entrenamiento militar, incluso el saber nadar proporcionaba una cierta distinción social ya que cuando se quería llamar inculto o analfabeto a alguien se le decía que "no sabe ni nadar ni leer". Pero saber nadar como táctica militar no se limita a las antiguas Grecia y Roma, sino que se conservó hasta las épocas actuales, pues es conocido que durante la Segunda Guerra Mundial se desarrollaron técnicas de enseñanza para las tropas combatientes.

Se tienen indicios de que fueron los japoneses quienes primero celebraron pruebas anuales de natación en sentido competitivo, en tiempos del emperador Sugu en el año 38 antes de Cristo.

Los fenicios, grandes navegantes y comerciantes, formaban equipos de nadadores para sus viajes en el caso de naufragios con el fin de rescatar mercancías y pasajeros. Estos equipos también tenían la función de mantener libre de obstáculos los accesos portuarios para permitir la entrada de los barcos a los puertos. Otros pueblos, como los egipcios, etruscos, romanos y griegos, nos han dejado una buena prueba de lo que significaba para ellos el agua en diversas construcciones de piscinas artificiales.

Sin embargo, el auge de esta actividad física decayó en la Edad Media, particularmente en Europa, cuando introducirse en el agua era relacionado con las enfermedades epidémicas que entonces azotaban. Pero esto cambió a partir del siglo XIX, y desde entonces la natación ha

venido a ser una de las mejores actividades físicas, además de servir como terapia y método de supervivencia<sup>1</sup>.

### **2.1.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA NATACIÓN EN EL SALVADOR**

La natación salvadoreña se inició competitivamente con la construcción de la piscina de la Flor Blanca en el año de 1935 para la realización de los III Juegos Centro Americanos y del Caribe.

Durante la época de los años de 1935 hasta 1968 se destacaron a nivel internacional los siguientes nadadores:

- Julio Martínez
- Dr. Rubén Barraza
- Dr. Rodríguez Port
- Dr. Salvador Vilanova

Para el año de 1968 se realiza en el país los Campeonatos Centroamericanos en la piscina de la recién construida piscina del Circulo Estudiantil conocida como la piscina del Polvorín.

En el mismo año El Salvador viaja con una delegación a las Olimpiadas que se realizaron en la ciudad de México.

---

<sup>1</sup> <http://www.i-natacion.com/articulos/historia/historial.html>

Los nadadores que se destacaron en esa época fueron:

- Salvador Vilanova (hijo)
- Rubén Guerrero
- Ana María Monedero
- Carmen Ferracuti
- Donatela
- Ferracuti
- Ana Carolina Moreno

En 1990, la natación Salvadoreña gana medalla de oro por medio de Rubén Pineda en los IV Juegos Centroamericanos y Panamá realizado en Honduras.

En el año de 1991 se logra colocar al país en el séptimo lugar por medalla de oro a nivel Centroamericano y el Caribe designando a la nadadora salvadoreña María José Marengo como la mejor nadadora del área.

Fue en ese mismo año que la nadadora María José Marengo logra colocarse como la mejor Latinoamericana en los Juegos Panamericanos para las pruebas de fondo.

También ese mismo año la natación salvadoreña logró tres títulos otorgados por la radio, prensa y televisión.

- María José Marengo, atleta del año
- Oscar Marengo entrenador del año
- Rafael Castellanos dirigente del año

En 1992 la Delegación salvadoreña viaja a Panamá, al Campeonato Centroamericano y regresa con 18 medallas de oro y dos hombres de la Delegación Salvadoreña designados con las mejores técnicas de Centroamérica. También para ese mismo año la nadadora María José Marengo es designada abanderada de la Selección salvadoreña que nos representa en la Olimpiada realizada en España realizando su título de mejor nadadora de Centro América.

En Guatemala durante el año de 1973, se realizan los I Juegos Centroamericanos y Panamá, ganando la natación salvadoreña medalla de oro en los 100 y 200 metros dorso por medio de Sergio Asbún. Antonio Ferracuti, gana medalla de plata en los 100 metros libre en los Juegos Centroamericanos y del Caribe que se realizaron en la República Dominicana.

En 1976, El Salvador gana el primer campeonato Centroamericano y Panamá realizado en la República de Panamá, repitiendo la hazaña en 1978 y 1980. Los Juegos Centroamericanos y Panamá se realizaron aquí en El Salvador, ganando medallas de oro, Oscar Moreno (3) y Pierro Ferracuti (6).

En el año de 1980, se cierra la piscina de la Flor Blanca por motivo de remodelación, la cual dura años desintegrando prácticamente la natación competitiva, y fue hasta 1980, que un grupo de dirigentes y entrenadores que deciden levantarla nuevamente a nivel internacional, logrando medalla de oro en el primer Camex, realizado en El Salvador por medio de Mauricio López y Rafael Castellanos<sup>2</sup>.

#### **2.1.4 FEDERACIÓN SALVADOREÑA DE NATACIÓN**

La Federación salvadoreña de natación, que es la entidad encargada del desarrollo de este deporte a nivel nacional, fue creada en el año de 1950, pero fue hasta el año de 1952 que fue afiliada como federación nacional de El Salvador. En un principio estaba ubicada en las piscinas del complejo deportivo “El Polvorín” para luego pasarse adonde son sus instalaciones actualmente en el complejo polideportivo de ciudad Merliot, después de los juegos deportivos centroamericanos y del Caribe, efectuados en nuestro país en el 2002.

En el año de 1958 fue afiliada a la federación internacional de natación (FINA) para poder tener participación en los eventos deportivos internacionales de mayor prestigio.

En 1959, se incluye el polo acuático como una rama de la natación competitiva y luego hasta 1998 se incorpora el nado sincronizado, para terminar con la última incorporación en cuanto a especialidad de la natación se incorpora en el 2004 las pruebas de aguas abiertas<sup>3</sup>.

---

2 Folleto acerca de la Historia de La natación en El Salvador

3 <http://ri.ues.edu.sv/592/1/10135903.pdf>

### **2.1.5 DATOS HISTÓRICOS DE LA NATACIÓN EN EL INSTITUTO NACIONAL GENERAL FRANCISCO MENÉNDEZ**

Los inicios de la práctica de la natación en el Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, se remontan al año de 1978, en esta área fueron los entrenadores Fictoria y Cesar Barraza quienes aportaron mucho a la enseñanza de la natación en este Centro Educativo, a partir de entonces esta disciplina deportiva llega a formar parte del currículo de este Centro Educativo, implementándose a nivel de clases de la asignatura de Educación Física.

Existe un programa de Educación Física para Natación en donde se enseña a los alumnos los fundamentos técnicos de la natación, los cuatro estilos básicos (libre, dorso, pecho y mariposa, los estilos utilitarios (Perrito, Crol y Over), además la enseñanza de los fundamentos de Salvamento Acuático.

La Natación como parte de la asignatura de Educación Física, se desarrolla durante todo un año en sus diferentes periodos:

- **Primer Periodo:** estilo libre y los estilos utilitarios (Perrito, Crol y Over Side).
- **Segundo Periodo:** estilo Dorso y perfección de los estilos Libre.
- **Tercer Periodo:** estilo Pecho y perfección de los estilos Libre y Dorso.
- **Cuarto Periodo:** estilo Mariposa, perfección de los estilos Libre, Dorso y Pecho así como los fundamentos de Salvamento Acuático.

Los mejores alumnos se eligen para que formen parte de la Selección de natación del Instituto en donde reciben un entrenamiento especial. Actualmente hay más de 30 alumnos considerados como seleccionados, pero no todos ellos participan en las competiciones que se llevan a cabo a nivel estudiantil.

Actualmente el Instituto cuenta con 4 profesores de Educación Física quienes brindan a los estudiantes los conocimientos teóricos y prácticos de la Natación y 1 entrenador especializado en preparar a los integrantes la Selección de natación<sup>4</sup>.

### **2.1.6 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA BIOMECÁNICA**

El interés en los actuales patrones del movimiento humano y animal, se remonta a los tiempos pre-históricos en dónde fueron dibujados en cavernas y levantados en estatuas, la representación de los sistemas de locomoción humana y animal. Tales réplicas fueron impresiones subjetivas de los artistas de ése entonces. Pero, no fue sino hasta hace un siglo, que este proceso subjetivo de interpretar el movimiento marcó una pauta más objetiva e instrumental con la aparición de los primeros estudios utilizando cámaras de cine cuyo objetivo fue grabar los patrones de locomoción en animales y en humanos.

El progreso en esta área de análisis del movimiento (Biomecánica) ha sido rápido durante este siglo XX y es así como ahora se puede grabar y analizar cualquier evento desde la marcha de un niño con parálisis cerebral hasta el desempeño de un atleta de alto rendimiento (Acero, 2002).

Baumler y Schneider (1989) atribuyen a Aristóteles de Stagira y a Platón ser los fundadores de la Biomecánica ya que ellos escribieron acerca de los segmentos corporales y movimientos y desplazamientos de los animales.

---

<sup>4</sup> Testimonio de Mauricio Cabezas, Coordinador de Deportes del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”

Es bien curioso anotar que también existen referencias donde los primeros estudios biomecánicos datan desde Leonardo Da Vinci, Miguel Angelo Bounarrotti, Galileo, Lagrange, Bernoulli, Euler y Young. Todos ellos tuvieron un interés primario en la aplicación de la mecánica a los problemas biológicos. (Acero, 2002)

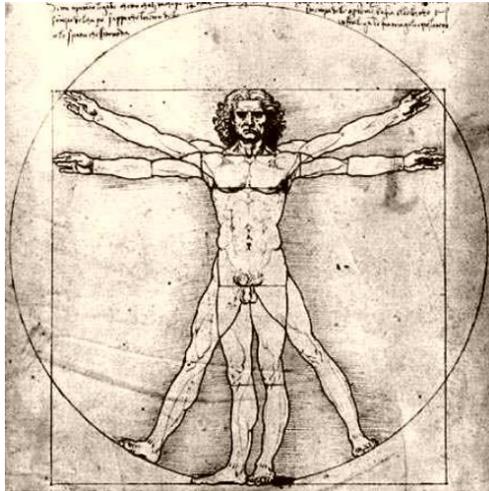


Figura 1.

### **Leonardo da Vinci (1452-1519) y su hombre de Vetrubio.**

Se puede considerar como el primer científico biomecánico. Sus observaciones del movimiento humano cumplían sorprendentemente la tercera ley de Newton (Doblaré, 2005).

Rash (1959) y Contini & Drills (1966) revisaron la aplicación de la Biomecánica en muchas facetas del movimiento humano. Ellos indicaron que la época siguiente a la primera guerra mundial, la investigación en Ergonomía, floreció en Alemania, Rusia y USA y consecuentemente la investigación biomecánica se estimuló a través de la industria del transporte. Entonces en los comienzos del siglo XX nuevas tecnologías aparecieron disponibles para estudiar el cuerpo humano y sus movimientos primarios, fue así como los

pioneros biomecánicos como Marey, Muybridge, Braune, y Fischer surgieron para explorar estas nuevas técnicas. De acuerdo con Winter (1990), Marey, un fisiólogo francés, en 1885 utilizó una pistola fotográfica para grabar los desplazamientos de la marcha humana y de esta manera con un equipo crono fotográfico obtener un diagrama monográfico de un corredor. En el mismo tiempo Muybridge (1887), en los estados unidos disparó 24 cámaras secuencialmente para grabar los patrones de un hombre caminando y corriendo.

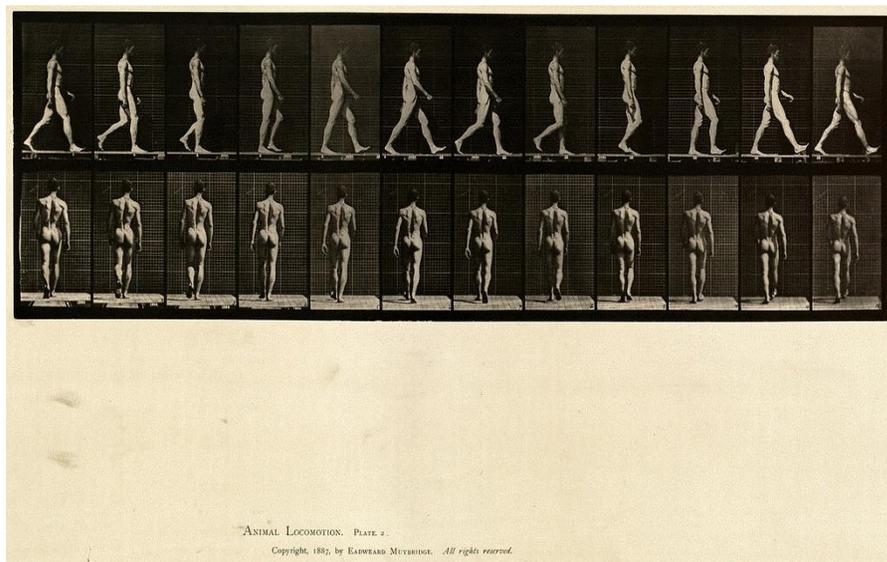


Figura 2.

### **Hombre caminando en secuencia en plano sagital y frontal posterior**

En 1950, la Biomecánica emergió como una área importante de investigación científica en diversas disciplinas del conocimiento basada en estudios utilizando la entonces, naciente cinematografía de alta velocidad. Alley (1984) describió las bases académicas para la especialización y un programa doctoral. El propuso la designación de Antropomecánica para remplazar el término Kinesiología y entonces esto, generó el surgimiento de otros términos

tales como: Antropocinética, Biodinámica, Biocinética, Cineantropología y Kinesiología mecánica finalmente el término BIOMECÁNICA.

Con la acogida en las universidades en USA, Inglaterra, Alemania, Japón, Canadá, Australia y Antigua Rusia, se han venido estableciendo desde 1960 programas de Postgrado que han hecho de esta especialidad un campo del conocimiento muy bien definido y variado por su multiforme aplicabilidad en otras áreas.

### **2.1.7 LOS PRIMEROS INVESTIGADORES EN EL ÁMBITO DE LA NATACIÓN**

El primer estudio científico en el ámbito de la natación data de principios del siglo XX, cuando el alemán Du **Bois-Reymond** (1863-1938) midió la resistencia hidrodinámica pasiva de un nadador arrastrado por una barca (1905).

Para realizar dicha medición, utilizó un dinamómetro elemental donde la fuerza de resistencia la medía un muelle previamente calibrado. En las condiciones en que se realizaron las mediciones, es cuestionable que la velocidad de arrastre fuera constante, condición indispensable para obtener resultados precisos y fiables (Llana, 2002). Posiblemente por estos dos motivos, y por la escasa muestra utilizada, los resultados que obtuvo fueron poco concluyentes.

La década de 1930 puede considerarse como el despegue definitivo en el estudio científico de la natación. Así, **Karpovich (1896-1975)** prosiguió con el estudio de la resistencia hidrodinámica, siendo el primero en utilizar un motor eléctrico para asegurar la condición de velocidad constante (1933). De esta manera obtuvo unos valores medios para la constante de arrastre mayores que los encontrados por Amar, siendo de 30 kg/m para varones arrastrados en posición ventral. Por otro lado, observó que la ecuación utilizada por Amar era

correcta hasta velocidades de arrastre de unos 2 m/s, pero que a partir de dicha velocidad, la resistencia hidrodinámica no se relacionaba con el cuadrado de la velocidad sino con el cubo de ésta.

Desde entonces muchos otros estudios (Alley 1952; Counsilman 1955; Onoprienko, 1968; Kent y Atha, 1971; Clarys 1978; Clarys y Jiskoot, 1975; Miyashita y Tsunoda, 1978; Kolmogorov y Duplishcheva, 1992; Llana y Klauck, 2003) han medido la fuerza de resistencia hidrodinámica ofrecida por los nadadores en posición de deslizamiento, denominada como “resistencia pasiva” (pasivedrag). En nuestros estudios (Llana y Klauck, 2003), para arrastres en posición ventral en la superficie y a velocidades cercanas a los 2 m/s, el valor de la constante de arrastre fue de 23´5 Kg/m para nadadores/as de categoría júnior.

La mayoría de autores consideran a **Thomas Kirk Cureton** (1901-1992) el padre de la investigación en Natación, inició sus trabajos en el Instituto de Springfield (Illinois, E.E.U.U.) en la década de 1930, y los prosiguió en la Universidad de Illinois (Illinois, E.E.U.U.). Escribió más de 1.000 artículos y publicó algunos de los libros más importantes en la historia de las ciencias de la actividad física y el deporte, como pueden ser *PhysicalFitness, Appraisal and Guidance* (1947) o *PhysicalFitness of Champion Athletes* (1951).

En la década de 1930 ya postuló que la tracción subacuática debía realizarse con el codo flexionado, aspecto que no quedaría mundialmente aceptado hasta los estudios de James Counsilman a finales de la década de 1960. Por otro lado, fue capaz de vaticinar, ante la incredulidad del entrenador del equipo olímpico americano Bob Kiphuth, la supremacía de los nadadores nipones en las finales olímpicas de Berlín-1936. Y es que a pesar de sus desventajas antropométricas (1.68 m de estatura frente a 1.83 m de estatura de los nadadores americanos),

observó que su frecuencia cardiaca en reposo era de 56 latidos/min. frente a los 65 latidos/min. de los americanos, y que sus niveles de fuerza muscular y de flexibilidad eran superiores, por ejemplo, 74.8° de movimiento en la articulación del tobillo para los japoneses por 65.4° para los americanos (Colwin, 1993).

Además de trabajar en el campo científico, también supervisó la preparación física de muchos deportistas. De entre sus nadadores, destacó el australiano John Marshall, quien consiguió todos los records desde los 200 a los 1500 en 1950. Este nadador destacaba por sus excepcionales niveles de flexibilidad, a pesar de que sus niveles de fuerza muscular fuesen relativamente bajos y tuviese un sobrepeso de unos 9.5 kg con respecto al ideal según sus medidas antropométricas. Por otro lado, tenía una gran capacidad para tolerar el lactato, llegándosele a registrar un valor de pH sanguíneo tras un esfuerzo máximo de 6.74, el más bajo registrado en los laboratorios de Cureton (Colwin, 1993).

En Australia destacó, **Frank Cotton** (1890-1955), considerado el padre de la ciencia del deporte en este país. Nadador en su juventud, formó parte del relevo 4x800m del equipo australiano consiguiendo la medalla de plata en los juegos de París-1924. Tras esto se especializó en medicina cardiaca y circulatoria y desarrolló todo su trabajo en la Universidad de Sídney. Diseñó el primer cronómetro específico para los entrenamientos de Natación, que fue instalado en 1947 en la Piscina Olímpica del Norte de Sídney y que allí continúa en nuestros días. Fue pionero en usar la frecuencia cardiaca como parámetro para controlar las intensidades de entrenamiento.

Frank Cotton ayudó a Bob Kiphuth en diseñar ejercicios “en seco” específicos para la musculatura responsable del nado, algo muy novedoso para su época y que quedó plasmado en

el libro *Swimming* (1942). Realizó estudios que empezaron a consolidar la necesidad de realizar un calentamiento previo a la parte principal del entrenamiento y, por supuesto, antes de la competición, cosa que no estaba bien establecido en la época. No hizo grandes aportaciones a la técnica de nado, dada su condición de fisiólogo, pero estableció las bases de la investigación científica en Australia, motivo por el que lo destacamos.

**James E. Counsilman** (1920-2004) no necesita presentación para cualquiera que provenga del mundo de la Natación. Es posiblemente el entrenador y científico que más ha influido en el desarrollo de la Natación contemporánea. Piloto durante la Segunda Guerra Mundial, dejó el ejército en 1945 e inmediatamente retomó sus estudios comenzando su trabajo como *La aplicación de la fuerza en dos tipos de estilos de crol* entrenador de natación en la Universidad del Estado de Ohio. En 1947, tras graduarse, se incorporó a la Universidad de Illinois para seguir sus estudios con Kirk Cureton. Se doctoró con el trabajo. Tras pasar varios años como profesor y entrenador en las universidades de Iowa y del Estado de Nueva York (allí recibió el apodo de “Doc” pues los responsables de la institución insistían en que los alumnos utilizaran el término “doctor” para dirigirse a aquellos profesores que tenían dicho rango. Pero los alumnos no eran tan formales y utilizaron el diminutivo). A mediados de la década de 1950 se trasladó definitivamente a la Universidad de Indiana, donde llevó a cabo sus mayores contribuciones a este deporte.

Sus dos principales libros *The science of swimming* (1968) y *Competitive Swimming Manual* (1977) son libros de obligada lectura para los amantes de este deporte. En 1993 reeditó junto a su hijo Brian, la actualización de su primer libro renombrándolo como *The new science of swimming*. Counsilman revolucionó la técnica de nado de los estilos. Fue el primero en describir la patada de dos tiempos en crol, la importancia de flexionar el codo

(tirón) y posteriormente extenderlo (empuje), de no utilizar trayectorias rectilíneas en la tracción subacuática y de acelerar en la parte final en la brazada.

Revolucionó, junto a su nadador Chet Jamstrensky, la técnica de la patada de braza y fue el primero en acuñar el término “feel of the water” y lo que ello conlleva. Al postular que las trayectorias debían ser curvilíneas, fue el primero en utilizar el principio de Bernuilli para justificar la fuerza de sustentación, lo cual supuso un cambio crucial en la forma de ver y entender la generación de la fuerza propulsiva durante el nado. Perfeccionó sistemas de entrenamiento tanto para mejorar la resistencia como la velocidad, y fue, una vez más, pionero en el desarrollo de máquinas simuladoras de la brazada para el entrenamiento de la fuerza muscular en seco.

Tras ser sentadas las bases de la investigación por los pioneros citados anteriormente, se produjo un creciente aumento en la producción científica. La cooperación entre los diversos grupos de investigación y la difusión de sus descubrimientos, fue de la mano de la creación de asociaciones internacionales encargadas de organizar congresos y reuniones de expertos.

A mediados del siglo XX, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (U.N.E.S.C.O.) se confirmó como garante en la promoción de eventos relacionados con la actividad física, el deporte, la salud y las ciencias para su estudio. Así, en 1958 se fundó en París el Consejo Internacional del Deporte y la Educación Física (I.C.S.P.E.) en un intento por unir el ámbito científico y la práctica físico-deportiva. En 1967 se creó un subcomité del I.C.S.P.E. para la investigación en biomecánica deportiva denominado Grupo de Trabajo en Biomecánica del Deporte (W.G.B.S.-I.C.S.P.E.), encabezado por el Dr. Jurg Wartenweiler, y que trabajaba fundamentalmente en biomecánica de la Natación. Así, en 1970

se celebró en la Universidad de Bruselas (Bélgica) el Primer Simposium Internacional de Biomecánica en natación. Desde entonces, este congreso se celebra cada cuatro años.

### **2.1.8 APORTES A LA BIOMECÁNICA DE LA NATACIÓN EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA**

Estados Unidos es el país que más investigadores ha aportado al estudio científico de la natación. Con antelación al citado James Counsilman, fueron varios los entrenadores que intentaron dar una visión científica a sus postulados.

En 1922, Frank Sullivan (1880-1944) publicó el libro *Science of Swimming*, y en 1942 Bob Kiphuth (1890-1967) y David Armbruster (1890-1985) publicaron *Swimming y Competitive swimming and diving* respectivamente. Estos libros tuvieron un gran impacto tanto en la técnica de nado como en la concepción del entrenamiento de la época. No obstante, no se puede decir que los autores hicieran grandes aportaciones científicas.

En 1970, Charles Silvia (1911-1998) del Springfield College, publicó *Manual and lesson plans for basic swimming, water stunts, lifesaving, springboard diving, skin and scuba diving*, en el que presentaba conclusiones similares a las de Counsilman en cuanto a la necesidad de flexionar y extender el codo durante la tracción subacuática. Sin embargo, su repercusión fue limitada, posiblemente debido al impacto de los descubrimientos de “Doc”.

**John Magel, del Queens College** de Nueva York, fue pionero en registrar la fuerza generada durante el nado atado mediante una célula de carga (Magel, 1970). Para 3 minutos de nado, registró valores máximos de 7´8 kg para el crol, 8´0 kg para la mariposa, 8´6 kg para la espalda y 10´8 kg para la braza.

En nuestros estudios (Brizuela, Llana y Tella, 1999), empleamos gomas elásticas dado que con el cable rígido aparecen picos de impacto que sobrevaloran los máximos de fuerza aplicados, especialmente en braza y mariposa. Por otro lado, el hecho de que el nadador se pueda desplazar permite calcular la velocidad y junto con la fuerza, la potencia instantánea.

**Robert E. Schleihauf**, del Departamento de Salud y Educación Física del Hunter College de Nueva York, llevó a cabo los primeros estudios encaminados a cuantificar la fuerza propulsiva de las extremidades superiores durante la tracción subacuática. A mediados de la década de 1970 realizó una réplica en plástico de la mano y la introdujo en un canal de agua que se desplazaba a velocidad conocida (Schleinhauf, 1977; Schleinhauf, 1979) y mediante una célula de carga, midió los valores de la fuerza de resistencia equivalentes a la fuerza propulsiva si se moviera la mano y el agua estuviera quieta. De esta manera pudo descomponer la fuerza resultante en sus componentes de “arrastre” y de “sustentación”, y sus correspondientes coeficientes en función del ángulo de ataque de la mano.

Desde finales de la década de 1970 y principios de 1980, Schleihauf encabezó el grupo de investigadores con los que realizó el primer estudio cinemático y de análisis cinético inverso de la técnica de nado de los cuatro estilos de competición. Para ello utilizaron los stages de la selección americana previos a los J.J.O.O. de Los Ángeles-1984. Es de destacar la presencia en dicho proyecto del español Jesús Dapena, profesor de Biomecánica en la Universidad de Indiana, quien fue el responsable de los cálculos matemáticos. Dichos estudios fueron presentados en los Congresos de Biomecánica y Medicina de la Natación celebrados en los años 1982 (Ámsterdam) y 1986 (Bielefeld) y sus resultados han sido ampliamente reproducidos en numerosos textos. Asimismo, y como consecuencia de los conocimientos adquiridos en estos estudios, Schleihauf realizó importantes contribuciones al diseño de

máquinas para el entrenamiento “en seco” de la fuerza muscular con el objeto de reproducir, lo más fielmente posible, el gesto técnico del nado. En 1984 se doctoró con el trabajo “The biomechanical analysis of swimming propulsion in the sprint crawl stroke”.

**Ernest W. Maglischo** ha sido entrenador en varias universidades americanas desde 1965 y, desde la década de 1980, ha participado activamente en las investigaciones llevadas a cabo por los más importantes investigadores americanos como los citados Schleihauf, Cappaert y Bixler. Pero sobretodo destaca como el más importante divulgador de la ciencia aplicada a la Natación con su libro *Swimmingfaster* (1983), actualizado y reeditado bajo el título *Swimmingevenfaster* (1993), y vuelto a actualizar y reeditar con el título *Swimming faster* (2003). Estos han sido la saga de libros de Natación más vendidos a nivel internacional y, desde nuestro punto de vista, los mejores que se han publicado.

### **2.1.9 APORTES A LA BIOMECÁNICA DE LA NATACION EN CANADÁ**

Howard Firby (1924-1991) está considerado como el padre de la natación de competición moderna en Canadá y como uno de los mejores profesores de técnica de estilos (Colwin, 2002). **Howard Firbyon swimming** (1975) es uno de sus libros más prestigiosos. En él demostró sus grandes dotes como dibujante, pues todas las ilustraciones son suyas. Ilustraciones que han sido ampliamente utilizadas por otros autores. Por otro lado, fue el primer autor en indicar la existencia de un patrón de olas durante el nado, y que el conocimiento de dicho patrón puede ser muy útil para el entrenador.

**Doris Miller**, de la Universidad de Ontario Oeste, ha centrado su investigación en los saltos de trampolín y plataforma. En 1975 publicó una revisión sobre la biomecánica de la natación que, a pesar del tiempo transcurrido, sigue siendo uno de las mejores revisiones sobre

el tema. En dicha revisión (Miller, 1975) aparece por primera vez en la literatura, el concepto de “hull speed” o velocidad máxima que un nadador puede alcanzar en la superficie debido a la resistencia por oleaje: los trabajos de Alley (1952), Counsilman (1955) y Thrall (1960) sobre resistencia pasiva, mostraron como a velocidades cercanas a 1´5 m/s el sistema de olas generado por el nadador hace que éste se mueva en una depresión que va aumentando tal como aumenta la velocidad. Este efecto se asemeja a “nadar cuesta arriba”. Cuando la longitud de la depresión de la ola generada iguala la talla del nadador, la velocidad de nado correspondiente es la denominada "hull speed" o velocidad máxima.

#### **2.1.10 APORTES A LA BIOMECÁNICA DE LA NATACION EN AUSTRALIA**

Cabe destacar a **Forbes Carlile** otro pionero entrenador-científico australiano, fisiólogo y profesor en la Universidad de Sídney, Forbes fue entrenador del equipo olímpico australiano en los juegos de Melbourne 1956 y del equipo holandés en Tokio-1964 y otra vez entrenador del equipo australiano en el primer Campeonato del Mundo de natación celebrado en Belgrado 1973. Además de innumerables artículos, su libro Forbes Carlile on Swimming (1963) fue el primero que planteó la necesidad de la “puesta a punto” (tapering) y del calentamiento tanto pasivo, con bañeras con agua caliente, como activo. Para demostrar su eficacia, midió la temperatura muscular con agujas que introducía en el músculo a 3 cm de profundidad (Carlile, 1956a).

#### **2.1.11 APORTES A LA BIOMECÁNICA DE LA NATACION EN JAPÓN**

La natación es un deporte de gran tradición en Japón (Llana, Pérez-Soriano, del Valle y Sala, 2012), siendo un país que siempre ha tenido nadadores en la más alta elite.

El padre de la investigación científica en el ámbito de la natación es **Mitsumasa Miyashita**, quien se jubiló como profesor de la Universidad de Tokio en 1997, pero que sigue colaborando con sus colegas japoneses y es ponente asiduo en los más importantes congresos internacionales. Sus trabajos se recopilaron en un libro de edición limitada denominado *The Bio-Physics of Swimming –threedecades of research-* (1997). En el prólogo de dicho libro escribe como se inició. “En los inicios de mi investigación, intenté aplicar los métodos de Karpovich (1930) y Cureton (1930) a los nadadores japoneses. Hice uso de sencillos muelles para medir la fuerza muscular durante la brazada y la patada, la resistencia hidrodinámica pasiva arrastrando nadadores en una piscina de 200m, y la fuerza propulsiva durante la natación atada”. Fue pionero en realizar estudios de electromiografía de la velocidad intraciclo y sobre la resistencia ofrecida por el oleaje.

**Hidegi Takagi**, de la Universidad de Mie, es uno de los investigadores más destacados de la actualidad. Su colaboración con Barry Wilson, de la Universidad de Otago, Nueva Zelanda, ha dado sus frutos con el desarrollo del guante instrumentado, así como estudios comparativos entre el nado en piscina y en canal de agua (Wilson, Takagi y Pease, 1999). Estos estudios han constatado la diferencia en longitudes y frecuencias de ciclo a velocidades de 1´6 m/s, pero no a velocidades inferiores. También ha realizado estudios sobre la técnica de nado de los diferentes estilos, así como el análisis cuantitativo en diferentes campeonatos del máximo nivel, como fue el caso del IX Campeonato del Mundo celebrado en Fukuoka-2001.

#### **2.1.12 APORTES A LA BIOMECÁNICA DE LA NATACION EN ESPAÑA**

**Fernando Navarro**, actualmente jubilado, está considerado como el padre de la investigación científica en natación en España y sus innumerables trabajos han abarcado todas

las facetas de la Natación. Su influencia ha sido decisiva en todos los que nos hemos dedicado a la natación en este país.

En los Centros de Alto Rendimiento se realiza investigación eminentemente aplicada y desarrollan instrumental para las necesidades que les solicitan los entrenadores del centro. Así, en el CAR de Sant Cugat del Vallés (Barcelona), destacan Xavier Balius y Carles Torró y en el CAR de Sierra Nevada Blanca de Lafuente.

**Raúl Arellano**, de la Universidad de Granada, es una referencia en aspectos relacionados con la técnica y la biomecánica. En 1990 participó en el Sexto Simposium Internacional de Biomecánica y Medicina en Natación celebrado en Liverpool, y desde entonces no ha faltado a ninguno de ellos.

Asimismo, en 1994 fue el primer autor español en publicar un artículo de natación en una revista de impacto internacional, concretamente en el Journal of Sport Sciences<sup>5</sup>.

## **2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

### **2.2.1 LA FUNCIÓN DE LA BIOMECÁNICA DEPORTIVA**

Los profesores de Educación Física y los entrenadores son continuamente confrontados con problemas relacionados con la técnica usada en varias actividades en las cuales ellos están inmersos.

¿Cómo puede un profesor o un entrenador mejorar su habilidad para localizar la causa de los errores de sus pupilos?, la respuesta, de nuevo, es por la vía de la Biomecánica.

---

<sup>5</sup> <https://g-se.com/es/biomecanica/blog/blog-2-resumen-de-la-evolucion-historica-de-la-biomecanica>

Así como los conocimientos científicos básicos del aprendizaje motriz capacitan al profesor o entrenador para hacer juicios correctos acerca de los métodos de instrucción, frecuencia y naturaleza de las prácticas, y un conocimiento de los principios fisiológicos los facultan para decidir en lo referente a la cantidad y tipo de entrenamiento a realizar en cada caso.

Un conocimiento de los principios biomecánicos los capacitan para escoger las técnicas apropiadas y detectar las causas básicas de los errores en la ejecución de una técnica. En resumen, así como el aprendizaje motriz puede ser reconocido como la ciencia subyacente a la adquisición de destrezas, y la Fisiología como la ciencia subyacente al entrenamiento, la Biomecánica es la ciencia subyacente a la técnica<sup>6</sup>.

### **2.2.2 IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO BIOMECÁNICO EN EL DEPORTE**

**Para el entrenador:** el entrenador se especializa en un deporte en particular, y si el principal componente de este deporte es la técnica, deberá tener unos conocimientos en biomecánica muy definidos.

La eficiencia en la técnica está determinada por la biomecánica pues son las leyes de la mecánica las que determinan a qué velocidad debe realizarse un movimiento para ser eficiente o máximo. Debido a que los entrenadores trabajan en el máximo rendimiento y dado que éste depende de la precisión en los detalles, entonces el entrenador debe conocer con mayor precisión la Biomecánica, en orden a establecer estos detalles.

**Para el atleta:** cuando un atleta posee un conocimiento claro de los detalles y las causas que pueden mejorar o que empeoran su movimiento, él puede y de hecho logra mejorar su técnica. El aprendizaje de la técnica se lleva a cabo de una manera más eficiente cuando el alumno puede establecer la relación entre la causa y el efecto de un movimiento. Desde este punto de vista, la biomecánica es un instrumento muy valioso para los atletas en el sentido de que este conjunto de conocimiento le provee de respuestas a muchos de los interrogantes en lo referente al porqué de la técnica<sup>6</sup>.

### **2.2.3 OBJETIVOS DE LA BIOMECÁNICA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE**

Según Gutiérrez (1999), se pueden plantear los siguientes objetivos:

**Educación y reeducación física:** orientar hacia aspectos muy específicos relacionados con la incidencia social sobre los desequilibrios del hombre.

**Reeducación deportiva:** conocer las bases biomecánicas que inciden en los ejercicios físicos, siendo capaz de solucionar (fuera del ámbito patológico) de forma individualizada las posibles causas de las lesiones deportivas.

**Metodología del aprendizaje deportivo:** agrupar y esquematizar el gesto en función de las leyes mecánicas, conocer el modelo o patrón de movimientos más eficaz que se debe enseñar.

---

<sup>6</sup> file:///E:/BIOMECANICA/biomecanica%20y%20contr.%20del%20entrenamiento.pdf

**Rendimiento deportivo:** perfeccionar la técnica deportiva para mejorar los resultados en competición, desarrollar investigaciones para mejorar la técnica deportiva.

#### **2.2.4 PRINCIPIOS DE LA BIOMECÁNICA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE**

La identificación de las variables mecánicas que intervienen en las habilidades y destrezas motoras, así como en los gestos técnicos de los deportes, facilita la detección de errores, sus causas, y también previene lesiones. Según Hochmuth (1973), en el ámbito de la actividad física y el deporte se pueden considerar una serie de principios mecánicos:

Principio de la fuerza inercial, que muestra que todo movimiento corporal con el que se pretenda alcanzar una elevada velocidad final (ej. Lanzamiento de balonmano), debe ir precedido de un movimiento de impulso en sentido contrario.

Principio del curso óptimo de la aceleración, que plantea que todo movimiento corporal con el que se pretenda alcanzar una elevada velocidad final (Ej. Lanzamiento de disco en atletismo) debe aprovecharse la longitud óptima de la trayectoria de aceleración, que dependerá de la magnitud del impulso de frenado en relación con el impulso de aceleración.

Principio de coordinación de impulsos parciales, que muestra que todo movimiento corporal con el que se pretenda alcanzar una elevada velocidad final dependerá de una serie de aspectos que favorezcan la prolongación del recorrido de aceleración y una mayor eficacia muscular. Estos aspectos son:

- Una coordinación de impulsos parciales originados en los segmentos corporales, pierna-tronco-hombro-brazos.
- Esta sucesión de impulsos debe seguir una dirección espacial.

Principio de reacción o contra efecto. Basado en la Tercera Ley de Newton, esta premisa muestra que cualquier fuerza que actúa sobre una superficie rígida provoca una fuerza de reacción.

Principio de conservación del impulso, que indica que cualquier movimiento que implique un giro (Ej. Salto con pértiga en atletismo), si se mantiene la cantidad de movimiento de rotación constante, puede modificarse su velocidad angular, cambiando la posición de los segmentos, aproximándolos o alejándolos del eje de giro<sup>7</sup>.

## **2.2.5 TEMÁTICAS ACTUALES EN ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO Y SUS APLICACIONES EN EL DEPORTE**

Una de las técnicas de análisis más comúnmente usadas en biomecánica deportiva es “el análisis de movimiento”. Ésta implica la cuantificación (medición) del movimiento específico y el análisis del mismo basado en variables cinemáticas y cinéticas.

El análisis de movimiento permite un análisis cuantitativo profundo del movimiento, lo cual es imposible con la sola observación visual o a través de una simple grabación del movimiento.

Las ventajas adicionales incluyen la visualización del movimiento en varios formatos tales como la animación computarizada, cuadros y gráficos, kinegramas y comparaciones cuantitativas entre individuos y/o grupos de individuos.

---

<sup>7</sup> <http://www.efdeportes.com/efd188/biomecanica-de-la-actividad-fisica.htm>

El análisis de los movimientos en conjunto en los deportes, implica grabar el movimiento del atleta en un video, ya sea en el laboratorio o en el campo mismo. La reconstrucción del movimiento es conducida con base en las imágenes grabadas.

Los datos biomecánicamente útiles son derivados de los movimientos reconstruidos a partir de marcadores anatómicos (colocados en las articulaciones, al final de los segmentos, etc.) o de marcadores colocados en el cuerpo. Los cálculos de las variables cinemáticas y cinéticas suponen el modelamiento del cuerpo humano como un sistema de segmentos articulados (un sistema de segmentos rígidos interconectados por medio de articulaciones).

Un modelo mecánico del cuerpo humano para el análisis de movimiento incluye elementos tales como puntos (marcadores), segmentos, articulaciones y marcos de referencia local fijados a los segmentos (marcos de referencia segmental).

Los aspectos más comúnmente encontrados en el análisis de movimiento pueden ser clasificados en dos categorías principales: aspectos procedimentales y aspectos orientados al modelamiento corporal. Los aspectos procedimentales están relacionados con la grabación del movimiento, la calibración de la cámara y la reconstrucción del movimiento, mientras que los aspectos relacionados con el modelamiento se relacionan con la visión del movimiento en una perspectiva mecánica. En este trabajo, la discusión se centrará principalmente en los aspectos procedimentales.

Los pasos esenciales para el análisis de movimiento son la grabación, la calibración de la cámara y la reconstrucción del movimiento, los cuales contienen abundantes aspectos analíticos y experimentales que requieren atención. Es muy importante obtener imágenes

grabadas claras, del movimiento que está siendo analizado, la localización de la(s) cámara(s) debe ser determinada estratégicamente de manera que el movimiento pueda ser observado desde las direcciones más útiles. Antes de la reconstrucción del movimiento, cada una debe ser calibrada pues la precisión de las variables cinemáticas y cinéticas dependen de ello, cualquier problema en su calibración puede introducir errores sobre los datos.

En las aplicaciones deportivas, en situación diferente al laboratorio de análisis de movimiento, la calibración y la grabación son frecuentemente realizadas en el campo (gimnasio, piscina, etc.). El propósito del presente trabajo es destacar y dar luces acerca de las claves procedimentales y circunstanciales comúnmente encontradas en el análisis de los movimientos deportivos bajo la perspectiva de la precisión y la flexibilidad<sup>8</sup>.

## **2.2.6 METODOLOGÍA BIOMECÁNICA TRADICIONAL PARA EL ANÁLISIS E INTERVENCIÓN DE LA TÉCNICA DEPORTIVA**

El análisis de la técnica en biomecánica deportiva ha tenido tradicionalmente los siguientes pasos:

- Observación directa o indirecta de los movimientos ejecutados de los deportistas.
- comparación de sus técnicas de movimiento con las de los deportistas “superiores”, tomadas como el modelo a mejorar y a optimizar.
- Evaluación y diagnóstico de los movimientos de los deportistas.
- Identificación de los errores técnicos y factores limitantes.
- Enseñanza al deportista de cómo modificar su técnica a través de un entrenamiento apropiado.

Lo más difícil en esta elipse de optimización es el diagnóstico del movimiento y la identificación de sus errores y factores limitantes.

En los procesos investigativos, tres metodologías tradicionales han sido utilizadas para este análisis de la técnica deportiva: cualitativa, cuantitativa y predictiva.

La metodología de la cualificación biomecánica se caracteriza por la observación, la evaluación y el diagnóstico. La elipse de optimización, previamente mencionada en las técnicas deportivas, es un ejemplo de la cualificación del movimiento. El otro acercamiento al análisis cualitativo es el modelo determinístico de rendimiento propuesto por Hay & Reid en 1982 que se basa en un modelo teórico y en las relaciones del resultado y los factores limitantes, los cuales son determinados por los análisis estadísticos.

Este modelo de diagramas en bloques ha sido utilizado para identificar factores de rendimiento en varias técnicas deportivas, sin embargo las dificultades de este acercamiento son que no clarifica los patrones de movimiento deseables en las técnicas deportivas y es también muy difícil de aplicar a los deportes de juegos de pelota.

La técnica de análisis cuantitativo es la recolección de datos biomecánicos para identificar variables claves en la técnica que afectan el rendimiento. Un análisis cuantitativo es ideal en el diagnóstico y la evaluación de algunas partes de la técnica deportiva, pero este método emplea mucho tiempo en el análisis y podría resultar inoficioso al identificar las características del patrón de movimiento corporal general en una determinada.

La técnica de análisis predictivo está basada en el modelado y las simulaciones técnicas computarizadas que están siendo desarrolladas y tiene gran potencial para la investigación y predicción de los movimientos ideales de cada deportista. En el uso de este método predictivo se han encontrado dificultades para determinar las funciones objetivas y los criterios de decisión y estimar los movimientos ideales. Un efecto integrador de las tres metodologías mencionadas anteriormente podría resultar en una muy efectiva en los procesos de entrenamiento y de la enseñanza de la técnica deportiva, sin embargo, en la literatura mundial esta nueva metodología integradora no ha sido desarrollada plenamente.

En la práctica tradicional los procesos del entrenamiento y control de la técnica y de la enseñanza del gesto deportivo se hacen básicamente por la imitación de una técnica hecha por deportistas superiores o suficientemente adiestrados. Esta técnica ideal opera como una plantilla del modelo técnico de rendimiento. Los entrenadores adoptan este modelo basados en fotografías o figuras secuenciales de los deportistas con mayor.

Este acercamiento tiene algunas limitaciones dada la variabilidad en la técnica modelo de un deportista que tiene sus propias características antropométricas, musculares, óseas, articulares, respiratorias, y de respuestas fisiológicas y psicológicas (para enumerar sólo algunas), entonces probablemente no hay fundamento para determinar la técnica o modelo

ideal en esta forma. No obstante, a pesar de estas limitaciones, se puede abordar otra que en muchos casos no son los llamados “ideales” sino más bien, el patrón estándar o promedio en uso práctico.

Una variabilidad reducida o la repetitividad consistente de un movimiento es un indicador de un deportista técnico. Esta variabilidad del movimiento, descrita en la literatura previamente expuesta, es de carácter intra e inter individual. Probablemente la de mayor uso en el análisis de la técnica deportiva, particularmente en la evaluación y el diagnóstico de los patrones técnicos deportivos, sea la de carácter interindividual expresada como el arribo a obtener el concepto de movimientos críticos (movimientos de menor variabilidad = atractores) hechos por varios deportistas experimentados para ejecutar movimientos segmentales más similares (similar = menor variabilidad).

En contraste, una mayor variabilidad de movimiento o movimientos diferenciales (repelentes) indica que existe una diferenciación sustancial en los patrones de movimiento entre los deportistas, las cuales pueden ser atribuidas a las características de los deportistas estudiados y que no pueden ser generalizadas. Por consiguiente, estudiar la variabilidad de movimiento inter- e intra -individuos puede ser el camino para el diagnóstico, evaluación y control de las técnicas deportivas<sup>9</sup>.

## **2.2.7 LA BIOMECÁNICA COMO HERRAMIENTA PARA LA EVALUACIÓN DE LA TÉCNICA DEPORTIVA**

Para llegar a conseguir mejoras de la técnica existe una herramienta que está ayudando en la actualidad a estos fines y que seguro que en un futuro inmediato será determinante para

ello. Esta herramienta es la Biomecánica, que también es utilizada, entre otras cosas, para el estudio y prevención de los mecanismos de lesiones.

El deporte es movimiento y por ende, el estudio del movimiento del aparato locomotor durante la práctica deportiva es un área de estudio que le corresponde a la Biomecánica deportiva. La biomecánica deportiva puede ser a su vez clasificada en Biomecánica interna, que es la parte encargada del estudio de las sollicitaciones mecánicas a que se ven sometidos los diferentes tejidos, y las consecuencias de estas sollicitaciones sobre los mismos, y la biomecánica externa que estudia los cambios en las posiciones espaciales a lo largo del tiempo de los diferentes segmentos corporales: en definitiva, el análisis de las diferentes técnicas deportivas con el fin de optimizarlas. La Biomecánica interna y externa tienen una incidencia directa sobre el gesto deportivo y el resultado de éste y consecuentemente sobre su patología, su prevención y su tratamiento.

Según lo enunciado con anterioridad, la Biomecánica externa y la biomecánica de las técnicas deportivas podría decirse que son lo mismo cuando se referencia la Biomecánica deportiva.

¿Qué papel juega la biomecánica en el deporte de alto rendimiento? La respuesta puede ser muy sencilla y ya se ha dado: mejorar la técnica deportiva con el fin de optimizarla, y evitar las lesiones por sobrecarga corrigiendo su origen.

El problema es que eso que conceptualmente es muy sencillo, en la realidad resulta muy difícil de llevar a la práctica. La siguiente pregunta a responder sería: ¿Qué es necesario para poner en práctica lo que en teoría resulta sencillo? La respuesta es: trabajo en colaboración entre los técnicos deportivos y los biomecánicos que trabajan en el laboratorio. Entre ambos deben identificar las variables que determinan el resultado deportivo en una determinada técnica, medirlas e introducir las modificaciones necesarias en los procesos de entrenamiento, para ver las respuestas a estas modificaciones. También resulta necesario el establecimiento de bases de datos amplias sobre los patrones mecánicos de ejecución de las diferentes técnicas deportivas, que permitan realizar análisis comparativo vos entre estos resultados y los obtenidos por cualquier deportista.

Hay (1980) identificó algunos de los parámetros mecánicos que determinan el resultado en ciencias técnicas deportivas, sobre todo de especialidades de atletismo, por ser consideradas estas técnicas como destrezas cerradas. Esta idea se extendió y se ha aplicado a otras muchas especialidades deportivas, pero en otras el resultado no depende primeramente de variables de tipo mecánico, y es en estas especialidades donde la biomecánica tiene mucho menos que aportar para la mejora de los resultados deportivos.

Para poder llevar a cabo mediciones de parámetros mecánicos de las técnicas deportivas, resulta necesaria la utilización de equipamientos más o menos sofisticados con los que cuentan los laboratorios de biomecánica. Hasta fechas muy recientes referir estos centros era hablar de utopías, o de países con un gran desarrollo tecnológico,

El conocimiento extensivo de las características, y usos más frecuentes de estos equipos puede ser un paso más en el acercamiento de la biomecánica a los técnicos deportivos.

Las variables o parámetros que se han referenciado anteriormente pueden ser medidas de dos formas: Las mediciones indirectas y las mediciones directas.

### **Mediciones indirectas**

Prácticamente la totalidad de los análisis de las técnicas deportivas realizados durante la competición --que es la situación más real para este tipo de estudios- se realizan por medio de mediciones indirectas con películas de cine o de vídeo tomadas de las competiciones. Los datos obtenidos de este tipo de análisis son casi exclusivamente de tipo cinematográfico y referidos a la biomecánica externa. También se podrían llegar a realizar valoraciones de dinámica por el método inverso, pero éstas son difíciles de conseguir con una buena fiabilidad. Las mediciones indirectas se realizan normalmente por medio de la fotogrametría.

### **Fotogrametría**

Según el tipo de movimiento y las variables a estudiar se realizan análisis en dos o en tres dimensiones. Cuando el movimiento o variables a analizar se pueden localizar en un plano, se puede usar el análisis bidimensional con la ayuda de una sola cámara de vídeo o cine, y un sistema de referencias plano para establecer las escalas. Estos análisis aportan a una información interesante en muchos tipos de movimiento y no requieren más tecnología, en algunos casos, que la cámara de vídeo o cine y un televisor o proyector para poder realizar mediciones y transformaciones de escala. En otros casos se puede requerir la ayuda de la informática para facilitar los procesos de toma de coordenadas o digitalización de diferentes puntos corporales y cálculos a realizar.

Existen en el mercado equipos y programas para este fin, pero también se pueden diseñar, montar y programar en función de las necesidades de cada uno, dada su sencillez. Con

este tipo de análisis se pueden calcular: posiciones, trayectorias, velocidades y aceleraciones, lineales y angulares de puntos y segmentos corporales.

Cuando se requiere información más completa del movimiento o cuando este se realiza en diferentes planos espaciales, es necesario recurrir al análisis tridimensional, para lo cual se requieren al menos dos cámaras de vídeo o cine y un sistema de referencias espacial para realizar las filmaciones. Este tipo de análisis posee una mayor complejidad al tener que realizar la calibración espacial a partir de las coordenadas planas de la filmación de un objeto control con cada una de las dos cámaras y las medidas reales de este objeto. Para esto se utiliza el algoritmo matemático D.L.T. (Abdel-Aziz y Karara 1971). Estos tipos de análisis requieren equipos y programas informáticos especializados.

Los equipos constan de material de filmación con, al menos, dos cámaras con sus correspondientes trípodes y un sistema de referencia y material para la extracción y el tratamiento de datos que consta, como mínimo de un ordenador, un magnetoscopio o sistema de proyección si se utiliza el cine, un sistema de digitalización, y un programa que trate todos los datos. En el mercado existen diversos paquetes informáticos para este fin entre los que merecen ser mencionados los siguientes:

- Biomeca (desarrollado por el Departamento de E.F. de la Universidad de Granada).
- Cine 3-D -IBV (desarrollado por el Instituto de Biomecánica de Valencia).
- Ortobios (desarrollado por la Universidad de Zaragoza).
- KWO 3D
- Peek Performance

- Ariel.
- Elite. etc.

Una vez obtenidas las coordenadas 3D de los puntos a analizar se procede al cálculo de todos los parámetros cinemáticos lineales y angulares, con lo que obtenemos la información espacial y temporal completa de cómo se ha realizado un determinado movimiento o gesto deportivo.

### **Mediciones directas**

Son las que se realizan directamente del individuo cuando efectúa una determinada acción. Son mediciones con un alto grado de fiabilidad, pero con el grave inconveniente que en muchos casos se tiene que instrumentar al sujeto, con lo que se puede distorsionar su movimiento. En otros casos las mediciones se realizan en situaciones de laboratorio ya que los reglamentos de competiciones no permiten la instalación de ciertos equipamientos durante las mismas. Las mediciones directas más frecuentemente utilizadas hacen referencia a Electromiografía, a plataformas de fuerzas y a células fotosensibles.

### **Electromiografía**

El estudio de la función muscular a través de la investigación de la señal eléctrica generada por los músculos es lo que se denomina Electromiografía o E.M.G. Como es sabido, los músculos generan un potencial de acción muscular, que puede ser registrado mediante diferentes tipos de electrodos: De inserción (aguja y alambre) y de superficie. Los potenciales de acción muscular están íntimamente relacionados con las tensiones que desarrollan las fibras musculares y, a su vez, con la fuerza que los músculos ejercen sobre sus inserciones.

El tipo de E.M.G. empleada en biomecánica es de superficie, que posee la ventaja de no ser de tipo invasivo, pero que también tiene algunas limitaciones como lo es el hecho de que los músculos estriados deben ser superficiales, ya que el potencial de acción registrado por este tipo de electrodos es el que fluye hacia la piel, no registrándose cuando la profundidad del músculo es de más de 20. Las señales registradas pueden ser almacenadas en diferentes formatos magnéticos y posteriormente tratadas. El tratamiento de estas señales es diferente en función del tipo de análisis, si bien lo más común en nuestro ámbito es el filtrado e integración de la señal para la realización de análisis temporales, para calcular el valor medio de la señal durante los períodos establecidos, valor que viene dado en unidades de micro voltios, y el cálculo de la superficie encerrada bajo la curva que viene dado en unidades de micro voltios por segundo.

Con frecuencia y dada la dificultad de valoraciones totalmente cuantitativas de las señales electromiográficas, se realizan valoraciones cualitativas basados en el Sistema IDANCO (Claris et al. 1988).

La EMG permite conocer cuáles son los músculos que participan en una determinada acción y la intensidad con la que lo realizan. La EMG también se utiliza en trabajos relacionados con la respuesta muscular a la fatiga, conductividad nerviosa. etc.

Los análisis electromiográficos en biomecánica normalmente van acompañados de otros tipos de análisis como son los dinamométricos o cinemáticos, los cuales se realizan de forma sincrónica y facilitan el establecimiento de relaciones causa-efecto en el movimiento.

## **Plataformas de fuerzas**

Las plataformas dinamométricas son un instrumento de precisión diseñado para la medición de las fuerzas que se ejercen contra ellas. Las fuerzas ejercidas se pueden descomponer en sus componentes de dirección (vertical, antero-posterior y transversal). El conocimiento de la magnitud, la dirección y el punto de aplicación permiten calcular otras muchas variables mecánicas que intervienen y ayudan a describir el movimiento.

Este equipamiento tiene innumerables aplicaciones, pero posiblemente el movimiento en el que más se ha utilizado en biomecánica ha sido para el estudio de la marcha humana, lo que ha permitido obtener un patrón de movimiento para la marcha normal y para diferentes discapacidades relacionadas con el aparato locomotor

Una vez medidas las fuerzas ejercidas sobre las plataformas, con cálculos y modelos mecánicos, más o menos sofisticados, se pueden establecer aproximaciones de las fuerzas actuantes en diferentes articulaciones del cuerpo humano para el estudio de las sollicitaciones mecánicas a que se ven sometidas las diferentes estructuras anatómicas.

## **Células fotosensibles**

Las células fotosensibles nos permiten realizar mediciones del tiempo con una gran precisión, lo que unido al conocimiento de la distancia entre ellas, nos proporciona la medición de velocidades y aceleraciones en diferentes movimientos.

Este sistema de medición es de una gran sencillez tecnológica y tiene un coste muy bajo, por lo que cada vez es más utilizado en la valoración de técnicas deportivas en las cuales los parámetros velocidad y aceleración son determinantes en el rendimiento<sup>10</sup>.

## 2.2.8 EL ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA NATACIÓN

“El 65% de nosotros es agua, eso dicen, pero cuando el ser humano se introduce en el medio acuático se encuentra en un elemento extraño para el que estamos pobremente diseñados y donde nuestra locomoción es poco eficiente. Los peces y otros animales marinos están equipados con aletas que son relativamente pequeñas en comparación con el tamaño de su cuerpo, los humanos tenemos unos miembros superiores e inferiores largos y delgados que proporcionan muy poca superficie con la que interactuar con el agua.” (Counsilman & Counsilman, 1994).

El párrafo anterior, expone la evidencia de que el ser humano no está diseñado para la locomoción en el medio acuático. No obstante, la necesidad de cruzar ríos, adentrarse en el mar, etc. obligó al ser humano a introducirse en este medio “extraño.

Actualmente, el número de actividades que se realizan en el agua es inmenso, incluyendo actividades de carácter competitivo, recreativo y terapéutico. Sin embargo, no siempre ha sido tan recomendado y aceptado por la sociedad, como pone de manifiesto el Diccionario Médico Londinense de Bartholomew Parr (1902): “El nado es un ejercicio laborioso que no debe ser realizado hasta la extenuación. No es natural para el hombre...”.

El ineficiente desempeño del ser humano en el medio acuático se debe a las características propias del agua: un fluido denso y viscoso, en el que resulta difícil aplicar fuerzas propulsivas y donde las fuerzas de resistencia al avance son muy patentes.

Para tener una buena comprensión de la locomoción humana en el medio acuático, es necesario conocer qué fuerzas se ponen en juego cuando éste se sumerge en su interior.

Las cuatro fuerzas que rigen el nado del ser humano son: la fuerza peso y el empuje hidrostático determinan la flotabilidad del nadador, mientras que las fuerzas propulsivas y de resistencia determinan su velocidad de nado.

### **Flotación**

La flotación de un cuerpo en el agua depende de las fuerzas que se apliquen en un instante dado. En reposo, la flotación viene determinada por el Principio de Arquímedes, según el cual, “todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical (dirección) y ascendente (sentido) igual al peso del volumen de fluido desalojado”, dicho empuje se denomina empuje hidrostático (Eh). Consecuentemente, cuando una persona se introduce en el medio acuático, y no realiza ningún movimiento, su flotabilidad depende de su peso y del empuje hidrostático: cuando el peso sea mayor que el empuje hidrostático se hundirá y cuando sea menor flotará.

La densidad del agua varía ligeramente con la temperatura, pero puede considerarse próxima a los 1000 kg/m<sup>3</sup>. Aquellos cuerpos que tengan densidades superiores se hundirán, mientras que los que tengan densidades inferiores flotarán.

El cuerpo humano no tiene una densidad homogénea, sino que existen diferencias importantes entre los diferentes tejidos que lo forman. El más denso es el tejido óseo, con unos 1800 kg/m<sup>3</sup>, tejidos como el muscular, el tendinoso y el ligamentoso poseen densidades ligeramente superiores a las del agua, unos 1020-1050 kg/m<sup>3</sup>, y, el único tejido menos denso

que el agua, es el tejido adiposo, con una densidad de unos 950 kg/m<sup>3</sup>. Por consiguiente, el ser humano debería hundirse siempre ¿por qué no ocurre esto?

La respuesta hay que buscarla en el aire ubicado en pulmones y vías respiratorias, puesto que la densidad del aire es unas mil veces menor que la del agua, es decir, 1 kg/m<sup>3</sup>. De esta manera, los pulmones actúan como flotadores: durante la inspiración “se hinchan” y durante la expiración “se deshinchan”. Por lo tanto, la habilidad del ser humano para flotar (flotación pasiva) depende, básicamente, de su habilidad para expandir su caja torácica.

#### **2.2.8.1 RESISTENCIA QUE OPONE EL AGUA AL AVANCE DEL SER HUMANO EN SU INTERIOR**

La resistencia es una fuerza con la misma dirección y sentido contrario al avance, de manera que dificulta o impide el desplazamiento de un cuerpo en el seno del agua. Cuando el nadador se desplaza en el agua aparecen tres tipos de resistencias: resistencia de forma, resistencia por oleaje y resistencia por fricción.

#### **2.2.8.2 RESISTENCIA DE FORMA O PRESIÓN**

Es la más importante de las tres y es debida a que durante el nado se genera una zona de alta presión delante del cuerpo y otra de baja presión detrás de él. Dicho gradiente de presiones frena el avance del cuerpo. Esto es debido principalmente a que el agua deja de fluir laminarmente, apareciendo flujos turbulentos.

Este tipo de resistencia puede cuantificarse por medio de la siguiente ecuación (formulada por Newton en el s. XVIII), y que relaciona las diferentes variables que intervienen.

$$\text{Ec. 1: } R_{\text{de forma}} = \frac{1}{2} S C_x V^2 \rho$$

Cuadro N° 1

Donde:
S = superficie frontal de contacto
Cx = coeficiente de forma o penetrabilidad
V <sup>2</sup> = velocidad, elevada al cuadrado
ρ = densidad

Esta ecuación es adecuada para medir la resistencia pasiva, es decir, cuando el nadador mantiene una posición fija y es arrastrado por algún mecanismo. Sin embargo, durante el nado los nadadores continuamente cambian la alineación de su cuerpo y las posiciones de sus miembros inferiores e inferiores. Por ello, para medir la resistencia activa hay que cambiar “S” por la llamada área superficial corporal “A”. Con esto, el “Cx” se transforma en el coeficiente de resistencia activa, “CDa” (este coeficiente se calcula a partir del denominado número de Froude. En general, a mayor número de Froude menor resistencia activa y viceversa):

$$\text{Ec. 2: } R_{\text{activa}} = \frac{1}{2} S C_{\text{Da}} V^2 \rho$$

Dado que la densidad no puede modificarse (sólo un poco con la temperatura) y la velocidad no interesa disminuirla, sino todo lo contrario, para disminuir la resistencia de forma hay que intentar disminuir el coeficiente de resistencia y la superficie frontal. Esto se consigue, básicamente, con una buena alineación del cuerpo. Además, los nadadores pueden experimentar cierto nivel de “elevación hidrodinámica”, lo que disminuye la superficie de choque con el agua (Takagi & Sanders, 2000). Del mismo modo, un incremento de la flotación

debido al uso de trajes de neopreno puede disminuir la resistencia en un 15% (Toussaint y cols. 1988). En el lado opuesto, un excesivo volumen muscular puede ser contraproducente, puesto que aumenta la citada superficie frontal efectiva. Esto puede justificar el hecho de que muchos nadadores empeoran sus marcas tras períodos de entrenamiento de la fuerza en seco: las ganancias en fuerza no compensan el aumento de resistencia asociado al incremento de volumen muscular.

### **2.2.8.3 RESISTENCIA DEBIDA AL OLEAJE**

Es un tipo de resistencia que aparece cuando un cuerpo se mueve en la interfase del agua y el aire, por lo que no existe en los desplazamientos subacuáticos. A velocidades bajas es poco importante, pero a altas velocidades puede llegar a convertirse en la resistencia más importante (Kreighbaum & Barthels, 1990). Es debida al choque del nadador con la masa de agua de las olas que se forman como consecuencia de su avance y, especialmente, de los movimientos ascendentes-descendentes de los segmentos corporales. .

Durante el nado subacuático tras las salidas y los virajes, no aparece este tipo de resistencia. Los estudios de Little & Blanksby (2000) indican que la profundidad óptima debe oscilar entre 0'35-0'45 metros. Por otro lado, los estudios del propio Blanksby (2000), y de Shimizu y cols. (1997), demuestran que la resistencia al avance durante el nado subacuático disminuye, solamente, a velocidades superiores a 1'9 m/s.

Aplicando la ley de acción-reacción (tercera ley de Newton), al chocar el cuerpo del nadador con las olas, el agua será desplazada hacia delante mientras que el nadador será desplazado hacia atrás. La pérdida en velocidad que experimentará el nadador será equivalente

a la cantidad de momento ( $P = m v$ ) que éste le aplique a la masa de agua que desplaza hacia delante.

Al igual que ocurre con la resistencia de forma, una buena técnica disminuye el oleaje y, como consecuencia, la resistencia asociada al mismo. Así, para dos grupos de nadadores con diferente nivel técnico que nadan a la misma velocidad, el oleaje es menor en el grupo de mayor nivel técnico (Takamoto, Ohmichi y Miyashita, 1985).

Paradójicamente, cierto nivel de oleaje puede ser positivo en el caso del estilo crol, puesto que la depresión de agua creada alrededor de la cabeza facilita la respiración. A esta depresión de agua se le denomina el “bolsillo de aire”, y es tanto mayor cuanto mayor es la velocidad de nado.

#### **2.2.8.4 RESISTENCIA POR FRICCIÓN O DEBIDA AL ARRASTRE VISCOSO (SUPERFICIAL)**

Es la menos importante de las tres y, sin embargo, es la que más ha revolucionado la estética de los nadadores; durante décadas al incitarles a la depilación y, actualmente, al desarrollarse bañadores de cuerpo entero. Su valor es dependiente de la cantidad de superficie en contacto con el agua, de la viscosidad del agua (que puede modificarse ligeramente con la temperatura), del coeficiente de fricción de la piel, pelo y bañador, y de la velocidad de nado.

Los actuales bañadores de piel de tiburón permiten disminuir la resistencia por fricción en cerca de un 8%. Esta reducción es debida al “efecto Riblet”, esto es; la piel del tiburón dispone de unos microscópicos dentículos (figura 6) que originan vórtices verticales o

espirales de agua, que permiten mantener ésta cerca de la superficie, evitando así la aparición de zonas de baja presión y flujos turbulentos. La investigación y desarrollo de la piel de Riblet fue llevada a cabo en el Langley Research Center de la NASA en la década de los 80, y puesta en práctica por primera vez en el barco “Barras y estrellas” que ganó la Copa América de 1987. Durante más de una década los investigadores han intentado aplicar dichos conceptos a los trajes de nado, pero sólo recientemente se han desarrollado trajes realmente eficaces.

#### **2.2.8.5 INSTRUMENTAL DE MEDIDA PARA EL ANÁLISIS Y LA EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD NATATORIA**

Tradicionalmente, las herramientas o instrumental de medida que la Biomecánica Deportiva aporta para el análisis y evaluación de las prácticas físico-deportivas se clasifican en dos grandes grupos (Brizuela y Llana, 1997):

- Herramientas para el análisis cinemático del movimiento
- Herramientas para el análisis cinético del movimiento

#### **2.2.8.6 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS CINEMÁTICO**

El instrumental para el análisis cinemático ofrece información sobre el movimiento para un análisis descriptivo del mismo, sin tener en consideración las fuerzas que originan el movimiento. Los datos aportados por este grupo de herramientas se expresan en términos de desplazamientos, velocidades y aceleraciones lineales y/o angulares.

Dentro de este grupo, aparecen varios tipos de herramientas:

- Goniómetros para medir ángulos entre segmentos articulados.
- Acelerómetros para medir aceleraciones, generalmente usados en impactos.
- Fococélulas y plataformas de contacto para medir tiempos parciales o de vuelo.
- Cámaras de vídeo para análisis cualitativos y cuantitativos de la actividad deportiva.

- Cable-velocímetro: se explicará en la ponencia del Dr. Víctor Tella Muñoz
- Otros.

De entre todos ellos, tan sólo las cámaras de vídeo (también de cine, pero en la actualidad cada vez menos) son profusamente usadas en el análisis temporal y de la técnica natatoria. Hablaremos en primer lugar del estudio de la técnica de nado y, en segundo lugar, de los sistemas de análisis temporal.

### **2.2.8.7 ANÁLISIS DE LA TÉCNICA DE NADO**

Hasta la década de 1980, los datos y referencias que se disponían para explicar y justificar los movimientos técnicos de los nadadores eran fundamentalmente cualitativos. Con motivo de los JJOO de Los Ángeles en 1984, se realizó un exhaustivo análisis de la técnica de los nadadores del equipo americano concentrado en Palo Alto (California). Dicho estudio corrió a cargo un equipo liderado por Schleihauf, donde figuraban algunos de los más reputados especialistas tanto en natación, como Ernest Maglischo, como en Biomecánica Deportiva, como el español Jesús Dapena.

Dicho estudio se realizó con cámaras de cine, pero la metodología utilizada es similar a la actualmente en vigor, y que se explica a continuación. En natación, la trayectoria de los diferentes segmentos corporales, y fundamentalmente las manos, ocurre en más de un plano. Con el objeto de poder realizar análisis tridimensionales (3D), se requiere un mínimo de 2 cámaras para ver los movimientos subacuáticos, y otras dos para ver los movimientos aéreos. Estas cámaras han de situarse de manera que en todo momento se observen los puntos anatómicos de interés durante la filmación, por lo que generalmente se ubican formando un ángulo de 70-90° entre sí.

En estos estudios, denominados de fotogrametría (medida de la información contenida en fotogramas), el cuerpo humano (o una porción de éste) ha de ser simplificado a un modelo de segmentos articulados entre sí delimitados por referencias externas (marcadores) que determinan los segmentos del cuerpo humano que interesa estudiar. Estos marcadores permiten, una vez digitalizada la filmación, crear sistemas de coordenadas locales en cada segmento, con lo que se pueden conocer sus posiciones relativas, es decir, los ángulos formados entre los segmentos. Por ejemplo, que en el instante de tiempo 0 (inicio de la digitalización) el ángulo formado entre el antebrazo y el brazo sea de  $90^\circ$ , y en el instante de tiempo 0'5 (medio segundo después) sea de  $175^\circ$ .

Con antelación a la filmación de las escenas de estudio, ha de filmarse un sistema de referencia (SR), es decir, hay que filmar una estructura de dimensiones conocidas (generalmente de características cúbicas), que determina el volumen espacial en el que se ha de realizar el movimiento de estudio. Tras filmar las escenas en las dos cámaras de vídeo se digitalizan los resultados de manera independiente, es decir, que se obtienen las coordenadas planas (2D) de cada una de las cámaras. En el caso del nado, la digitalización ha de ser manual, lo que enlentece y hace muy laborioso el trabajo. Tras la digitalización se obtienen dos matrices de coordenadas planas que se combinan para obtener las coordenadas tridimensionales en función del tiempo de cada marcador del modelo de cuerpo humano utilizado.

Esta combinación se realiza mediante unos algoritmos denominados DLT o transformación lineal directa (Abdel-Aziz y Karara, 1971). Posteriormente, las gráficas temporales son suavizadas mediante filtros digitales o mediante funciones “spline” con el propósito de reducir el error asociado al proceso de digitalización. Finalmente, de las gráficas

de las funciones temporales de las variables cinemáticas suavizadas se extraen los parámetros de interés con los que se realizará el tratamiento estadístico oportuno.

Este tipo de estudios requieren de un instrumental y de un personal de laboratorio altamente cualificado, por lo que están al alcance exclusivamente de Centros de Alto Rendimiento Deportivo o de Facultades.

#### **2.2.8.8 SISTEMA DE ANÁLISIS TEMPORAL EN NATACIÓN (TSAS).**

Fueron Absaliyev & Timakovoy (1983) los primeros en utilizar el término “análisis de la actividad competitiva” para presentar los resultados de los JJOO de Moscú 1980. En la actualidad, dicho método es ampliamente utilizado en muchos países en sus campeonatos nacionales y, por su puesto, en la LEN, la FINA y el COI permiten desde hace unas dos décadas que grupos de investigadores realicen dichos análisis en los campeonatos por ellos organizados.

Para poder realizar estos estudios es necesario ubicar 2 ó 3 cámaras de vídeo perpendiculares a las calles de la piscina y a una distancia que el plano de filmación registren todo el nado. La figura 18 muestra un ejemplo de uno de estos Sistemas de Análisis Temporal en Natación (TSAS).

#### **2.2.8.9 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS CINÉTICO DEL MOVIMIENTO**

Las herramientas para el análisis cinético permiten obtener información sobre las cargas mecánicas que generan el movimiento. Este instrumental permite el registro de fuerzas, momentos (torques) y presiones actuantes sobre el cuerpo humano en su interacción con el medio. Dentro de este grupo, encontramos los siguientes tipos de herramientas:

- Medición de fuerzas: transductores de deformación (generalmente galgas extensométricas), células de carga y plataformas dinamométricas.

- Medición de presiones: pequeños transductores presuro-métricos (generalmente piezoeléctricos) introducidos en estructuras rígidas, como plataformas, o en superficies flexibles, como plantillas o guantes.

De entre todos estos, los más utilizados en natación son las plataformas dinamométricas, las células de carga y los guantes instrumentados.

### **Plataformas dinamométricas (o de fuerza)**

Las plataformas dinamométricas son, posiblemente, la herramienta más utilizada en el ámbito de la Biomecánica Deportiva. Permite registrar las fuerzas de reacción durante la interacción del deportista, generalmente sus pies, con superficies sólidas, generalmente el suelo. Se trata de estructuras sólidas y pesadas, y que han de fijarse sólidamente al suelo, por lo que se requiere que el laboratorio o zona de uso esté preparado para ello.

En el caso de la natación, se utilizan para evaluar la eficiencia de la impulsión durante la salida y durante el viraje, cuando los pies están en contacto con el poyete y con la pared respectivamente. Para poder colocar la plataforma en el poyete o en la pared de la piscina, es necesario preparar la instalación: en el caso del poyete se debe extraer la parte superior del mismo e introducir unos anclajes diseñados especialmente (figura 21), pero en el caso de los virajes es necesario realizar operaciones de albañilería, lo que dificulta enormemente la posibilidad de su uso (en España no existen instalaciones preparadas para este último caso).

La plataforma registra las fuerzas en las tres direcciones del espacio: medio lateral o eje x, anteroposterior o eje y, y vertical o eje z (figura 22).

En el caso de las salidas, los criterios de eficacia son:

- Que las fuerzas anteroposteriores (eje y) sean máximas.
- Que las fuerzas verticales (eje z) no sobrepasen en más de un 25% la fuerza peso del nadador.
- Que las fuerzas medio laterales (eje x) sean nulas.

### **Células de carga**

Las células de carga son captadores unidireccionales basados generalmente en transductores extenso-métricos. Actualmente, existen células de carga comerciales que permiten registrar tanto tracción como compresión.

En el caso de la natación han sido profusamente utilizadas para medir la “fuerza de arrastre”, esto es, la fuerza que aplica el nadador estando atado con un cinturón a un cable o goma conectada con la célula de carga.

La unión del nadador a la célula de carga puede ser mediante un cable inextensible o mediante gomas elásticas. El cable inextensible tiene la ventaja de no deformarse, por lo que la fuerza aplicada se transmite íntegramente a la célula. Sin embargo, tiene el gran inconveniente de generar un retroceso del nadador, o al menos una disminución en la tensión del cable, durante las fases de menor propulsión, lo que ocasiona la aparición de fuerzas de impacto cada vez que el cable se vuelve a tensar. De este modo, este método de evaluación de

la fuerza es difícilmente aplicable a situaciones de nado con poca continuidad propulsiva (brazo, mariposa, nadadores discapacitados, sólo brazos, etc.).

Una alternativa a la medición con cable de acero son las gomas quirúrgicas (Arellano, 1992; Platonov, 1988; Keskinen, Tilli y Komi, 1989) previamente calibradas. Este elemento permite el avance del nadador mientras se mide su fuerza propulsiva y evita la generación de fuerzas de impacto.

El uso de gomas permite, además, el cálculo de otras variables biomecánicas de interés. Debido a que previamente se han calibrado, se puede calcular el avance del nadador. Con esto y con el tiempo se calcula la velocidad de nado y lo que es más importante, con la velocidad y la fuerza registrada se puede calcular la potencia desarrollada por el nadador.

### **Guantes instrumentados**

La propulsión generada por los miembros superiores es la principal responsable del avance del nadador durante el nado (a excepción de la brazo). La fuerza propulsiva generada por las manos viene definida por la ecuación nº 5 de la página 14, pero dicha ecuación sólo permite cálculos aproximados. Además, los estudios de Schleihau (1979) y los de Berger y cols. (1995) utilizaron un modelo de mano que introducían en canales de agua para determinar los valores de fuerza.

### **2.2.9 LEYES DE NEWTON APLICADAS A LA NATACIÓN**

Las tres leyes de Newton son fundamentales para poder explicar el movimiento de un nadador.

**La primera ley de Newton o ley de inercia, explica que:** si sobre un cuerpo no actúa ninguna fuerza o la resultante de las que actúan es igual a 0, el cuerpo mantiene el estado de reposo o el estado de movimiento rectilíneo uniforme. La inercia nos indica que un cuerpo no puede modificar su estado de reposo o de movimiento por sí mismo.

**La segunda ley de Newton o principio fundamental:** Si sobre un cuerpo actúan fuerzas y la resultante es distinta de 0. El cuerpo modifica su estado de reposo o de movimiento.

**La tercera ley de Newton o principio de acción y reacción:** Si dos cuerpos interaccionan, uno de ellos ejerce una fuerza sobre el otro llamada acción, este segundo ejerce sobre el primero una fuerza de reacción<sup>11</sup>.

Todo cuerpo sumergido en un fluido, experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso del fluido desalojado.

---

11 file:///E:/BIOMECANICA/Análisis-Biomecánico-de-la-Natación.pdf

### 2.2.10.2 CONCEPTO DE FLUIDO

Un fluido adopta la forma del recipiente que lo contiene, esto es debido a que las moléculas de los fluidos no están resistentemente unidas, como ocurre con los sólidos. Por lo tanto los fluidos son tanto gases como líquidos.

- Al introducir el cuerpo se produce una fuerza: Empuje (fuerza vertical y hacia arriba)
- El valor del empuje (E) es igual al peso del fluido desalojado (Pf)
- El cuerpo también es afectado por otra fuerza: El peso (P), debido a la fuerza de la gravedad. Entonces tenemos dos fuerzas en la misma dirección pero en distinto sentido.

#### **Hay tres posibilidades:**

- a. Si se hunde: la fuerza del peso es mayor a la del empuje, si las restamos obtenemos una fuerza resultante: Peso aparente
- b. Si flota: la fuerza del empuje es mayor que la del peso.
- c. Ni se hunde, ni flota: el peso es igual al empuje<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> file:///E:/BIOMECANICA/BIOMECAÁNICA%20IES%20JUAN%20GRIS.pdf

### **2.2.11 LOS ESTILOS DE NATACIÓN**

En la natación existen cuatro estilos: crol, espalda, braza y mariposa. Desde el punto de vista de la propulsión y examinando la eficacia que las extremidades superiores e inferiores poseen en cada estilo, podemos decir que el único estilo que proporciona una efectividad por igual entre miembros superiores e inferiores, es la braza. En el resto de estilos, la eficacia de la acción de piernas tiene menos importancia que la acción de brazos.

#### **2.2.12.1 ESTILO CROL**

El crol tiene su origen en la palabra "crawl" del inglés, que significa reptar o arrastrarse. Recibe también el nombre de estilo libre porque, en las pruebas así denominadas, el nadador puede nadar cualquier estilo (crol, braza, espalda, mariposa, perrito, de lado, etc.), excepto en las pruebas de individual estilos o relevo combinado, en las cuales estilo libre significa cualquier estilo distinto del de espalda, braza o mariposa.

Este estilo surgió en Australia y sus característicos movimientos se le atribuyen al inglés John Arthur Turdgen en el año 1870, que imitaba la técnica de los nativos australianos.

En este estilo el nadador se encuentra en posición ventral o prona (boca abajo), y consiste en una acción completa de ambos brazos (brazada) de forma alternativa, primero el derecho y luego izquierdo, en un movimiento similar al de las aspas de un molino, y un número variable de batidos de pierna (patada), dependiendo del nadador y la distancia a nadar.

De momento, se trata del estilo más rápido, seguido por la mariposa, la espalda y por último la braza. Sin embargo, los últimos avances en cuanto a técnica se refiere, indican que los tiempos registrados en la mariposa se van acercando cada vez más a la velocidad del crol.

#### **2.2.12.2 ESTILO ESPALDA**

También denominado como crol de espalda. En este estilo el nadador está en posición dorsal o supina y consiste, al igual que el crol de frente, en una acción completa y alternativa de ambos brazos (brazada) y un número variable de batidos de piernas (patada).

En un principio, sobre el año 1912, este estilo se nadaba sobre el dorso del cuerpo con brazada doble, es decir, con movimientos de los brazos simultáneos y con patada de bicicleta. Con el tiempo el estilo ha ido evolucionando hasta nuestros días gracias a modificaciones en la técnica realizadas por nadadores como Kierfer en 1993, Vallerey en 1948 o Tom Stock en 1960, y con aportaciones de prestigiosos entrenadores como James Counsilman.

#### **2.2.12.3 ESTILO BRAZA O DE PECHO**

Es el más antiguo de todos ya que sus movimientos y postura son más naturales. A pesar de que su técnica ha evolucionado más rápido que el resto de los estilos, se trata del más lento de los cuatro. En este estilo el nadador se encuentra en posición ventral y realiza movimientos de brazos y piernas simultáneas y simétricas. Los hombros y las caderas realizan un movimiento ascendente y descendente que, coordinado con el movimiento de brazos, permite realizar la inspiración.

Hasta 1986 se podían diferenciar dos tipos de braza: la braza formal y la braza natural. La braza formal se caracteriza por una posición horizontal del cuerpo y por realizar la

inspiración gracias a un movimiento de flexo-extensión del cuello. La braza natural se caracteriza por una posición menos horizontal, con las caderas más bajas y un movimiento ascendente y descendente de los hombros y caderas.

En el año 1986 el reglamento se modifica suprimiendo la prohibición de hundir la cabeza durante el nado. Con esta modificación surge lo que se denomina “braza ola” que se caracteriza por realizar un movimiento ondulatorio del cuerpo, semejante al que se realiza en la mariposa con la intención de colocar al nadador "encima" de la ola que él mismo produce, así como por un recobro aéreo.

Otra de las características de la braza que le diferencia del resto de estilos es que, en la propulsión, la brazada (acción de brazos) y la patada (acción de piernas), comparten una importancia del 50%, es decir, aportan el mismo grado de propulsión.

#### **2.2.12.4 ESTILO MARIPOSA**

Es el estilo más moderno de todos, su aparición data de la década de los 50 y nace como una variante de la braza. Es uno de los más difíciles de aprender ya que exige altos niveles de fuerza y coordinación.

En este estilo el nadador se encuentra en posición ventral. Tanto los movimientos de las piernas como de brazos son muy similares a los realizados en el estilo crol pero de forma simultánea y con ligeras variaciones. Además, requiere una perfecta coordinación entre las extremidades superiores y las inferiores; éstas últimas realizan un movimiento similar al aleteo de los delfines, de ahí que también se le conozca como "estilo delfín". Otra característica de este estilo es un movimiento continuo ondulatorio del todo el cuerpo, en forma de "S"

tumbada, que también deberá estar perfectamente coordinado con piernas y brazos para una mejor propulsión en el agua y permitir realizar la inspiración<sup>13</sup>.

#### **2.2.12.4 La brazada**

Dividiremos este apartado y el correspondiente al estilo de braza en los clásicos movimientos de los brazos. Así cuando hablemos de la dirección “atrás” será en dirección a los pies, si es hacia “adelante” será en dirección a la cabeza, si es hacia “afuera” será en dirección a los laterales de la piscina, si es hacia “abajo” será en dirección al fondo de la piscina, si es hacia “adentro” será en dirección al cuerpo y si es hacia “arriba” será en dirección a la superficie.

Para Maglischo la entrada de las manos en el agua debe ser en línea con los hombros o ligeramente por fuera de los mismos. Las palmas de las manos han de inclinarse hacia afuera, aproximadamente a 45° en relación con la superficie del agua y los codos deben entrar en el agua flexionados.

El barrido hacia afuera se inicia inmediatamente después de la entrada en el agua. La extensión de los codos pone en marcha el movimiento de las manos hacia adelante casi inmediatamente después de su entrada. Las manos continúan adelante, siguiendo una trayectoria curvilínea hasta que sobrepasan la anchura de los hombros, donde se realiza la toma o agarre del agua.

---

12 <http://www.i-natacion.com/articulos/historia/historia1.html>

Las puntas de los dedos dirigen el movimiento, con las palmas de las manos inclinadas hacia afuera y hacia atrás. Las manos están inclinadas hacia afuera casi 90° a partir de la posición prona y están inclinadas hacia atrás de 40 a 50° en relación con la dirección de avance en la que se desplaza el nadador. Las manos han de estar ligeramente cóncavas.

La acción de agarre o toma de agua tiene lugar cuando las manos pasan por fuera de los hombros y de su anchura. La inclinación de las manos pasa de ser hacia afuera y hacia atrás a ser hacia afuera, hacia abajo y hacia atrás. Esto hace que los codos entren en flexión, puesto que la fuerza de ascensión o elevación creada por la inclinación de las manos hace que el cuerpo salga proyectado hacia adelante por encima de ellas, a continuación las manos se deslizan hacia abajo y hacia afuera, según una trayectoria circular. Esto hace que el agua que fluye hacia arriba y hacia adentro se desvíe hacia atrás desde el pulgar hasta el codo meñique mientras va pasando por debajo de la palma. El barrido hacia abajo termina cuando las manos se acercan al punto más bajo de la brazada. En este momento la transición desde el barrido hacia abajo a la fase siguiente de la brazada, el barrido hacia adentro, empieza su desarrollo.

El barrido hacia adentro empieza cuando las manos pasan por debajo de los codos. Las manos, durante el barrido hacia el interior, barren hacia adentro, hacia arriba y hacia atrás, describiendo una trayectoria circular hasta situarse bajo la cabeza y junto al centro del cuerpo, lo cual se logra con la flexión de los codos. Posteriormente, como en todos los estilos, la inclinación del barrido hacia arriba se superpone con el final del barrido hacia adentro. Esto ocurre de manera que la inercia hacia el interior pueda superarse con menor esfuerzo. Cuando las manos alcanzan la línea del centro del cuerpo, la dirección de su movimiento varía, de ser hacia adentro, hacia arriba y hacia atrás, a ser hacia atrás, hacia afuera y hacia arriba. Una vez

completado el cambio de dirección, las manos continúan barriendo hacia atrás, hacia afuera y hacia arriba hasta que alcanzan la parte posterior de las caderas, donde efectúa el cambio.

Durante la fase de transición la inclinación hacia afuera debe formar con la dirección hacia afuera del movimiento de la mano un ángulo de ataque entre los 60 y los 70°. Al pasar las manos fuera de la línea de las caderas, el movimiento discurre más hacia arriba, hasta haberse completado el barrido. El ángulo de ataque hacia arriba de las manos ha de ser de 30 a 40° en relación con la dirección del movimiento hacia arriba. La velocidad de la mano ha de acelerarse en dirección hacia afuera y hacia arriba del principio al fin del movimiento.

En el recobro aéreo los codos salen del agua mientras las manos están terminando el barrido hacia arriba. Al término del mismo, hay que disminuir la presión sobre el agua, girar las palmas de las manos hacia adentro y dejar que las manos sigan los brazos hacia arriba y hacia afuera por encima del agua.

Los brazos continúan moviéndose hacia arriba y hacia afuera hasta que sobrepasan los hombros, en cuyo momento el movimiento se dirige hacia adentro y hacia adelante hasta efectuar la entrada en el agua. Contrariamente a la opinión general, los brazos, al salir del agua, no deben estar completamente extendidos. La extensión sólo tiene lugar una vez salidos del agua y cuando se desplazan hacia arriba y hacia afuera por encima de la superficie del agua. Los brazos han de mantenerse distendidos y las manos deben salir del agua con los pulgares hacia abajo y permanecer en esta posición durante todo el recobro. Los codos han de flexionar ligeramente durante su movimiento hacia adelante para preparar la entrada en el agua, de modo que el movimiento de los brazos hacia el interior pueda variar en dirección hacia afuera con menos esfuerzo mientras se realiza la entrada en el agua.

Para Counsilman, mientras que los brazos son traccionados oblicuamente hacia abajo y al exterior, la parte superior de los mismos gira por el centro, cuando estos se doblan. Este peculiar movimiento hace que los codos se levanten, produciendo en el nadador la sensación de que está alargando por encima de la barriga. Ello permite a los brazos traccionar hacia atrás el agua desde un ángulo ventajoso. Después que las manos y los brazos impelen hacia el exterior empiezan a aproximarse hasta que casi se tocan. De igual forma para Counsilman la preparación para el recobro aéreo tiene lugar antes de que la tracción del brazo termine. Hay una superposición de estas dos fases, porque la parte superior del brazo y codos ya han recuperado mientras las manos continúan su impulsión hacia atrás.

Las manos al final de la tracción no impulsan directamente hacia atrás, sino que pasan rápidamente hacia fuera en un movimiento redondeado. Este redondeamiento conserva la mayor parte del impulso de brazos y manos que fue desarrollado durante la tracción, y que permite que se pueda emplear en ayuda de la recuperación de los brazos. La recuperación de los brazos empieza con un ligero doblamiento del codo y, mientras las manos salen del agua, los brazos inician el recorrido hacia delante en una parábola baja y plana, poniéndose completamente extendido debido en gran parte a la fuerza centrífuga generada en su movimiento circular.

La fuerza necesaria para crear este movimiento es aplicada sólo durante un corto período, al principio del movimiento. La impulsión desarrollada en este período arrastra luego esta parte del cuerpo durante el movimiento restante.

Las palmas de las manos, al salir del agua, miran hacia arriba casi directamente. Si esta posición de palma-arriba debiera mantenerse por un cierto tiempo, la recuperación de los

brazos se haría muy difícil, porque esta posición disminuye la movilidad de la parte superior del brazo en la articulación del hombro. Casi al mismo tiempo que las manos salen del agua el nadador debe efectuar un consciente esfuerzo para girar lateralmente la parte superior del brazo, a efectos de que las palmas puedan mirar hacia abajo, mientras las manos balancean hacia delante pasado el hombro. La mano debe entrar en el agua en un punto, sólo ligeramente más allá de la línea de los hombros, con las palmas mirando hacia abajo y ligeramente hacia afuera, a efectos de que el pulgar pueda estar más bajo que el resto de la mano. 2.2.

#### **2.2.12.5 El movimiento de los pies**

Para Maglischo la patada delfín consiste en un batido hacia abajo y hacia arriba. Se producen dos golpes o patadas completas por cada brazada. El batido hacia abajo del primer golpe se produce durante el barrido hacia arriba de la brazada. El segundo batido hacia abajo acompaña el barrido hacia arriba de dicha brazada.

El batido hacia arriba empieza cuando las rodillas se encuentran casi completamente extendidas por el batido hacia abajo de la patada precedente. En este momento la extensión de las caderas hace que los muslos empiecen a moverse hacia arriba, mientras la parte inferior de la pierna se extiende desde la articulación de la rodilla.

Una vez completado el batido de los pies hacia abajo, las piernas barren hacia arriba y hacia adelante hasta situarse en línea con el tronco. En este punto las caderas empiezan a flexionar, mientras empieza el batido hacia abajo. Las piernas deben estar extendidas y los pies deben estar en posición natural a mitad de camino entre la flexión plantar y la flexión del dorso, mientras se desplazan hacia arriba.

El movimiento del batido hacia abajo se inicia al flexionar las caderas cuando los pies pasan por encima del nivel del cuerpo. Los muslos empiezan a moverse hacia abajo a medida que el agua ejerce la presión sobre las piernas hacia arriba. Cuando la flexión de las caderas se acerca a su máximo, aproximadamente 70 u 80°, las rodillas empiezan a extenderse y la parte inferior de la pierna se acelera hacia abajo. El batido hacia abajo termina cuando las piernas están completamente extendidas. Los pies deben estar inclinados hacia arriba y hacia adentro cuanto sea posible, durante este batido hacia abajo. La inclinación hacia arriba debe ser de 70 y 85° en relación con la dirección del movimiento hacia abajo. En este movimiento de piernas hacia abajo las piernas se separan un poco y se vuelven a juntar durante el barrido.

#### **2.2.12.6 Coordinación de brazos y piernas**

El batido hacia abajo del primer golpe con los pies se produce mientras las manos entran en el agua, al paso que el segundo batido hacia abajo se efectúa cuando salen del agua. Maglischo insiste en que el batido hacia abajo del primer golpe se efectúa durante la entrada y el barrido hacia afuera de la brazada. Se completa cuando se realiza la toma o agarre del agua y el siguiente batido hacia arriba tiene lugar durante los barridos hacia abajo y hacia adentro por parte de los brazos. El batido hacia abajo del segundo golpe está sincronizado con el barrido hacia arriba de la brazada, y el subsiguiente batido hacia arriba acompañada del recobro de los brazos.

El batido hacia abajo del primer golpe parece ser más prolongado que el del segundo. Y también el batido hacia arriba que sigue es más prolongado que el batido hacia arriba correspondiente que sigue al segundo golpe. El esfuerzo empleado en ambos golpes debe ser exactamente igual, o poco menos. Son las diferencias en la posición del cuerpo y no el

esfuerzo la causa de que el primer golpe aparezca como más potente que el segundo. Cuando la cabeza del nadador está más baja durante el primer batido hacia abajo, las caderas pueden desplazarse hacia arriba y hacia adelante a lo largo de una distancia mayor, lo que, a su vez, hace que las piernas puedan batir en dirección hacia abajo durante más tiempo.

Durante los dos primeros barridos de la brazada, la cabeza y los hombros se mantienen bajos, dando así tiempo para un batido hacia arriba más prolongado y más alto. Durante el segundo golpe la cabeza y los hombros del nadador se elevan, inhibiendo la elevación de las caderas y el movimiento de las piernas hacia abajo durante el batido en el mismo sentido, así como su movimiento hacia arriba durante el batido subsiguiente hacia arriba.

#### **2.2.12.7 La posición del cuerpo**

En el estilo mariposa hay mucho más movimiento arriba y abajo del cuerpo que el existente en los otros estilos. Los mariposistas procuran acompañar el batido, la tracción y el alzamiento de la cabeza de tal forma para respirar, que la posición del cuerpo se mantiene relativamente horizontal.

Según Maglischo el cuerpo debe mantenerse lo más nivelado posible durante las fases más propulsivas de la brazada: el barrido hacia abajo, el barrido hacia adentro y el barrido hacia arriba. Durante el primer batido de pies y el barrido hacia afuera de la brazada, las caderas deben desplazarse hacia arriba y hacia adelante a través de la superficie del agua. La fuerza con que se efectúa el segundo golpe de pies no ha de ser tan intenso que pueda empujar las caderas por encima del agua. Sólo debe utilizarse para mantenerlas de forma que no puedan ser empujados hacia abajo cuando los brazos barren hacia arriba.

### 2.2.12.8 La respiración

El movimiento para levantar la cabeza debe ser tal que la boca debe quedar fuera del agua, pero no tanto que permita a la barbilla salir por encima de la superficie. El nadador tiene que acompañar el alzamiento de la cabeza en forma tal que su inhalación coincida con el momento en que sus hombros se hallan en su posición más elevada.

La cara debe romper la superficie del agua durante la ejecución del barrido hacia adentro, y hay que respirar durante el barrido hacia arriba y la primera mitad del recobro de los brazos. Cuando los brazos se lanzan hacia adelante para entrar en el agua, la cabeza vuelve a hundirse en el agua. La cabeza se desplaza por delante de los brazos, hundiéndose en el agua un instante antes de que entren las manos en ella. En la entrada en el agua, la cabeza ha de estar completamente sumergida, permaneciendo, sin embargo, sólo ligeramente por debajo de la superficie.

El aire se inspira durante el barrido hacia arriba y la primera mitad del recobro y la cabeza vuelve a tomar contacto con el agua cuando las manos avanzan para ejecutar la entrada. La inhalación continúa hasta que los brazos han completado su tracción y empiezan la recuperación. Mientras ésta tiene lugar, la cabeza debe hundirse en el agua por flexión del cuello. Los nadadores, por lo general, adelantan la barbilla cuando su cara rompe la superficie del agua<sup>13</sup>.

---

13 <http://www.um.es/univefd/gestos.pdf>

### 2.2.13 TEST DE NATACIÓN

La realización sistemática de test de comprobación durante el entrenamiento o las competiciones, con la consiguiente comparación de los resultados entre "el debe ser y el es", informan tanto al entrenador como al nadador, sobre el logro de los objetivos fijados oportunamente, para cada etapa o período. Es necesario para ello, contar con una batería de pruebas que permitan comprobar el grado de desarrollo logrado

Para comprender el estado de rendimiento y poder realizar comparaciones, se ha aprobado en la práctica, que los test deportivos son los instrumentos idóneos para ello. Por test se entenderá en sentido estricto, a toda prueba estandarizada. Es decir, "un procedimiento científico práctico para examinar una o varias características delimitables empíricamente, con el objeto de hacer una evaluación en términos cuantitativos de la fuerza relativa de una característica individual" (Lienert, 1969, 7).

El uso común en el diagnóstico de personas son los test deportivos motores, para comprender el grado de desarrollo o nivel de una capacidad, cualidad o habilidad (Calvi y Minkévich, 1995) que de otra manera no sería accesible.

Distinguimos entre test específicos para determinar el nivel de los componentes de condición física, técnicos, tácticos y psíquicos en un deporte o disciplina deportiva determinada y test deportivos motores generales, que se utilizan de forma más sintética (Thiess y Schnabel 1986).

Antes de tomar la determinación que test se ha de emplear, se deberán tener presente los siguientes criterios:

- La tarea a realizar en el test deberá estar definida de manera precisa.

- Un test deberá ser llevado a la práctica en condiciones estandarizadas. Es decir, la repetición de las condiciones en que se lleva a cabo, deberá estar asegurada.
- El resultado del test deberá ser, dentro de lo posible, cuantitativo y obtenido en el más corto plazo.
- Los resultados de los evaluados deberán ser comparados con un grupo testigo.
- Es conveniente, que existan valores normativos, ya que los mismos facilitan la interpretación y valoración de los resultados.
- Los principales criterios de calidad de los tests deberán siempre tenerse en cuenta.

Los mismos son:

- **Validez:** denota hasta qué punto un test mide efectivamente lo que se supone que mide. La validez es el más importante de los criterios de calidad.
- **Objetividad:** designa el grado de independencia entre el resultado del test y el evaluador. Un test es objetivo si diferentes evaluadores obtienen resultados concordantes con el mismo sujeto.
- **Confiabilidad:** afecta a la precisión formal de las medidas aportadas por un test. (Neumaier A. 1980, 18 y 1983, 149).

Una vez que se ha decidido el empleo de un test, se deberá verificar los criterios antes señalados. Para posteriormente determinar: ¿cuándo?, ¿Dónde?, ¿Con qué frecuencia? Se llevarán a cabo dichos test a lo largo del año dentro del plan anual (Vilte y Gómez, 1994: 211).

La tarea no estaría completa sino contase con los respectivos protocolos para cada prueba, ya que ellos, permiten no sólo realizar posteriormente de manera más rápida las

valoraciones pertinentes, sino que posibilitan, en el caso de un equipo de competición con varios entrenadores por grupo, tener una "línea clara de acción". También es importante que los propios nadadores estén familiarizados con los resultados, protocolos y valoraciones.

### **2.2. 13.1 TEST 7 X 200**

#### **Objetivo / Utilidad.**

En la versión completa del test evaluaremos aspectos biomecánicos (frecuencia ciclo, amplitud e índice de ciclo), parámetros cardiovasculares (a través de la frecuencia cardíaca) y bioquímicos metabólicos a través del análisis de lactato siempre que se disponga de analizador. Con el análisis de datos podremos observar los cambios producidos en las curvas de velocidad, lactato y frecuencia cardíaca, determinar los principales hitos fisiológicos (primer y segundo umbral, O<sub>bl</sub>,...) ritmos, zonas y pulsos de entrenamiento para cada objetivo y analizar la eficiencia propulsiva para cada ritmo de cada serie según la relación velocidad y longitud de brazada.

#### **Material necesario.**

- Banda de pulso cardíaco (opcional, sino se tomará el pulso al llegar).
- Analizador de lactato y reactivos para realizar análisis bioquímico.
- Cronómetro
- Necesitamos conocer la mejor marca de 200 y F.C. máxima.

## **Preparación previa**

Como en todos los test, es importante respetar ciertos aspectos, entre ellos:

- El nadador debe estar descansado. No realizar esfuerzos intensos al menos el día previo al test.

- Periodizar correctamente el test en semanas de descarga evitando realizarlos en semanas de cargas altas.

- Llevarlo a cabo a la misma hora siempre. La hora a la que esté acostumbrado entrenar o se desarrolle la competición.

- Nutrición: Es preferible evitar productos ergogénicos y/o estimulantes para realizar el test. Satisfacer las necesidades nutricionales previas y no realizar el test sin haber transcurrido al menos 2 horas tras la última comida.

- Estandarizar el calentamiento de 1000 metros: nado aeróbico variado de baja y moderada intensidad + activación previa.

## **Protocolo**

- Realizar 7 series progresivas de 200 m. en el estilo propio de competición. Los mariposistas suelen realizarlo a crol.

- Salidas cada 5 o 6 min para bracistas.

- Salida desde abajo.

- Si se dispone de reloj avanzado (tipo garmin), es conveniente diseñar el entreno para que cada 50 metros el reloj vibre en cada lap y así marque al nadador el ritmo de cada serie.

- Las series progresivas se calculan a partir de la mejor marca en la distancia según el cuadro.

### **Mediciones**

- Tras cada serie se realizará muestra de la concentración de lactato.
- Es aconsejable realizar la toma de concentración de lactato en reposo así como 3 minutos tras el esfuerzo.
- Se tomará nota de la F.C. final de cada 200 m. y al final del esfuerzo.
- Señalar el tiempo parcial en 100 metros.
- Se toma nota del número de brazadas o del tiempo en 3 ciclos en el intervalo entre los 100 y 150 metros.
- Anotar la percepción subjetiva del esfuerzo según escala de Borg (1-10 o 6-20) (Castañón, 2003 ) y prescribir así entrenamientos.

#### **2.2.13.3 Test para calcular el R2**

Nadar 3000 metros seguidos para un nadador de élite, que lo puede hacer aproximadamente en unos 30 minutos.

Para nadadores menos experimentados, nadar aproximadamente una media hora a la mejor velocidad posible.

Se toma la velocidad media de los últimos 10 minutos en cada 100 metros, donde ya se verá que es bastante estable, y ese es el tiempo que tendrá que realizar en las series de R2.

La utilidad de este test es que le permite al entrenador, planificar los entrenamientos de cada semana.

### **2.2.13.4 TEST DE NATACIÓN T-20**

El test de natación T-20 es una prueba de 20 minutos donde se mide la distancia recorrida. Su objetivo es ver que distancia uno es capaz de nadar en este periodo de tiempo ya que este es un excelente indicador práctico de la habilidad para nadar. La habilidad para nadar es una suma de la técnica en un 70% y de la condición física en un 30%.

#### **Descripción del test de natación T-20**

-Nade en cualquier estilo la máxima distancia que le sea posible durante un periodo de 20 minutos. Debe contar las vueltas (Una vuelta son dos largos, en una piscina de 25 metros, una vuelta son 50 metros) Esfuércese por un ritmo uniforme a lo largo del nado.

-Al final del nado, finalice la vuelta en la que se encuentre cuando el minuto 20 se cumpla. Anote el tiempo transcurrido cuando complete esa vuelta. Esto significa que el tiempo será algo superior a 20 minutos.

Una vez haya completado el nado, recoja y guarde tres elementos de información:

Cuadro N°2

<b>Información a anotar</b>
Número de metros nadados
Tiempo de nado transcurrido
Ritmo de nado

El test T-20 puede repetirlo a menudo, quizás, una vez por semana.

### **2.2.13.5 TEST DE NATACIÓN GOLF T-G**

Es más un test de habilidad técnica que de condición física y se puede usar como referencia para indicar una mejora técnica al cabo del tiempo. Las reglas son las siguientes:

-Nadar 50 metros, contando el número de brazadas realizadas (cuenta una por cada mano). Por ejemplo, si está en una piscina de 25 metros y realiza 21 brazadas en el primer largo, seguidas de 22 brazadas a la vuelta, su total es de 43.

-Al final del nado, anote en segundos el tiempo de nado transcurrido. Digamos que tarda 47 segundos en nadar la distancia.

-Sume el número de brazadas al número de segundos. El total es su puntuación de esa prueba de natación. Añada las 43 brazadas a los 47 segundos para un total de 90.

-Descanse tanto tiempo como quiera, y repítalo desde el primer paso, esta vez intentando conseguir una puntuación inferior

-Realice esto 4 veces y calcule la media de las puntuaciones.

Los mejores nadadores consiguen unos números de brazadas inferiores y menos segundos que los nadadores menos dotados. En un grupo de entrenamiento las puntuaciones de un test de natación golf a estilo libre sobre una distancia de 50 metros puede fácilmente oscilar entre 40 hasta más de 100. Intente reducir la puntuación disminuyendo el número de brazadas y los tiempos de nado<sup>14</sup>.

---

14 <http://g-se.com/es/entrenamiento-en-natacion/blog/test-de-campo-para-evaluar-la-resistencia-en-natacion-i-test-7-x-200>

## 2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Análisis de movimiento:** el análisis de movimiento es uno de los pilares fundamentales de la kinesiología. El concepto de análisis de movimiento se puede definir entendiendo análisis, como la separación de las partes de un todo hasta conocer sus principios y/o elementos, y movimiento, como “cambio continuo en la posición de un objeto.

**Antropometría:** tratado de las proporciones y medidas del cuerpo humano.

**Brazada:** movimiento enérgico que se hace con los brazos extendiéndolos y recogidos al momento de practicar la natación.

**Braza ola:** se caracteriza por realizar un movimiento ondulatorio del cuerpo, semejante al que se realiza en la mariposa con la intención de colocar al nadador “encima” de la ola que él mismo produce, así como por un recobro aéreo.

**Capa límite:** conocida también como capa fronteriza de un fluido, es la zona donde el movimiento de éste es perturbado por la presencia de un sólido con el que está en contacto.

**COI:** comité olímpico internacional.

**Dinamómetro:** instrumento para medir fuerzas, basado en la capacidad de deformación de los cuerpos elásticos.

**Electromiografía:** es la técnica de registro gráfico de la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos.

**Empuje hidrostático:** viene del hecho de que la presión de un fluido aumenta con la profundidad y del hecho de que esta presión aumentada, se ejerce en todas las direcciones

(principio de pascal) de modo que hay una fuerza neta de desequilibrio hacia arriba, ejercida sobre el fondo del objeto sumergido.

**Estilo crol:** es un estilo de natación que consiste en que uno de los brazos del nadador se mueve en el aire con la palma hacia abajo dispuesta a ingresar al agua, y el codo relajado, mientras el otro brazo avanza bajo el agua.

**Estilo espalda:** el estilo espalda o dorsal es un estilo de natación. Este estilo es esencialmente crol, sólo que el nadador flota con la espalda en el agua, la secuencia de movimientos es alternativa: un brazo en el aire con la palma de la mano afuera saliendo debajo de la pierna, mientras el otro impulsa el cuerpo en el agua.

**Estilo mariposa:** es un estilo de natación, una variación del estilo pecho o estilo braza en la que ambos brazos se llevan juntos al frente por encima del agua y luego hacia atrás al mismo tiempo.

**FINA:** federación internacional de natación.

**Flexo extensión:** movimiento que combina la flexión y la extensión de los músculos de una extremidad.

**Fluido denso:** cuerpo que tiene la propiedad de fluir y a la vez es compacto, engrosado, graso, unido, cerrado, etc.

**Fluido viscoso:** la viscosidad es una característica de los fluidos en movimiento, que muestra una tendencia de oposición hacia su flujo ante la aplicación de una fuerza.

**Fotogrametría:** es una técnica para determinar las propiedades geométricas de los objetos y las situaciones espaciales a partir de imágenes fotográficas. en la nataciones utilizada para analizar la técnica del nadador.

**Flotabilidad:** es la capacidad de un cuerpo para sostenerse dentro de un fluido. Este flota cuando la fuerza resultante de la presión ejercida en la parte inferior del cuerpo es superior a la fuerza resultante de su peso más la presión ejercida en la parte superior. el cuerpo sube hasta que ambas resultantes son iguales.

**Fuerza de flotación:** es cuando un fluido ejerce en dirección hacia arriba sobre un objeto sumergido dentro de él.

**Fuerza peso:** en física clásica, el peso es una medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre un objeto. el peso equivale a la fuerza que ejerce un cuerpo sobre un punto de apoyo, originada por la acción del campo gravitatorio local sobre la masa del cuerpo.

**Fuerza de sustentación:** es la fuerza generada sobre un cuerpo que se desplaza a través de un fluido, de dirección perpendicular a la de la velocidad de la corriente incidente  
**Fuerza resistencia:** capacidad de mantener una fuerza a un nivel constante durante el tiempo que dure una actividad o gesto deportivo

**Gasto energético:** es la relación entre el consumo de energía y la energía que necesita el organismo.

**Imágenes 2D:** es sinónimo de "dos dimensiones". las formas 2d incluyen cuadrados y círculos.

**Imágenes 3 D:** en la computación se utilizan los gráficos en 3d para crear animaciones, gráficos, películas, juegos, realidad virtual, diseño, etc.

**JJ.OO:** juegos olímpicos.

**Lactato:** es un compuesto orgánico que ocurre naturalmente en el cuerpo de cada persona, además de ser un producto secundario del ejercicio, también es un combustible para ello.

**Leyes mecánicas:** son tres principios a partir de los cuales se explican una gran parte de los problemas planteados en mecánica clásica, en particular aquellos relativos al movimiento de los cuerpos, que revolucionaron los conceptos básicos de la física y el movimiento de los cuerpos en el universo.

**LEN:** liga europea de natación.

**Nadador:** persona que practica la natación, ya sea por aprendizaje o perfeccionamiento de la técnica.

**Natación:** es un deporte que consiste en el desplazamiento de una persona en el agua, sin que esta toque el suelo.

**Número de Froude:** es un número adimensional que relaciona el efecto de las fuerzas de inercia y la fuerzas de gravedad que actúan sobre un fluido.

**Patada:** técnica de la acción de piernas en el estilo en los estilos de natación.

**Posición dorsal:** es una posición anatómica del cuerpo humano que se caracteriza por adoptar una posición corporal acostado boca arriba, también conocida como decúbito supino.

**Posición ventral:** es una posición anatómica del cuerpo humano que se caracteriza por adoptar una posición corporal tendido boca abajo, también conocida como decúbito prono.

**Preparación física:** es el conjunto organizado y jerarquizado de los procedimientos de entrenamiento cuyo objetivo es el desarrollo y la utilización de las cualidades físicas del deportista.

**Propulsión:** es el movimiento generado a partir de una fuerza que empuja o da impulso. La propulsión puede ser creada en cualquier acto de empuje hacia el frente de una fuente de energía motriz en relación a un cuerpo

**R2:** Son zonas de entrenamiento de la resistencia aeróbica.

**Resistencia hidrodinámica:** es la resistencia que encuentra un fluido al fluir a través de un conducto.

**Test de Natación:** pruebas físicas que se realizan con el objetivo de determinar el nivel de capacidad de nado de un atleta.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es de tipo descriptiva, la cual describe de modo sistemático las características de una población, situación o área de interés. Los investigadores recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

El alcance de esta investigación fue de carácter descriptivo. La investigación descriptiva, busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población<sup>15</sup>.

#### **3.2 POBLACIÓN**

La población en estudio está constituida por 9 atletas que integran la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez” año 2017, siendo estos 6 femeninos y 3 masculinos.

---

<sup>15</sup> <https://varieduca.jimdo.com/art%C3%ADculos-de-inter%C3%A9s/la-investigacion-descriptiva/>

Cuadro N°3

N°	Nombre	Edad	Bachillerato
1	Bitia Daniela Menjivar	18	General
2	Ileana Nayery Torres	17	General
3	Katherine Jazmín Figueroa	16	Comercio
4	Adriana Michelle Reyes	16	General
5	Jimena Alexandra Arévalo	14	Comercio
6	Mónica Abigail Moreno	18	Turismo
7	Yves Samael Escobar	18	Turismo
8	Brando Roberto Menjivar	17	General
9	Josué Ayala Rodríguez	18	General

### 3.3 MUESTRA

Para este estudio se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico, recurriendo para la selección de la muestra al método intencional o de conveniencia el cual consiste en que el investigador selecciona directa e intencionadamente los individuos de la población; estos debían cumplir con algunos requerimientos que fueron necesarios para participar en la muestra, dichos requerimientos se definen a continuación:

- Tiempo significativo de practicar el deporte
- Asistencia de manera constante a los entrenamientos
- Buen nivel de entrenamiento

## **3.4 ESTADÍSTICA, MÉTODO, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.4.1 MÉTODO ESTADÍSTICO**

El método estadístico que se utilizó en esta investigación para validar las hipótesis fue el método estadístico Q de Kendall el cual permite calcular la correlación de 2 o más variables cuantitativas para verificar si tienen una correlación lineal.

### **3.4.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

Para la realización de esta investigación se implementó el método hipotético deductivo, el que plantea una hipótesis sujeta a analizarse deductiva o inductivamente y posteriormente comprobarse experimentalmente, es decir busca que la parte teórica no pierda su sentido, permitiendo que la teoría se relacione posteriormente con la realidad.

### **3.4.3 TÉCNICAS**

Para la recopilación de la información se utilizó 2 técnicas las cuales fueron: la entrevista y el Test de Natación 25 metros Estilo Mariposa.

#### **3.4.3.1 Entrevista**

La entrevista es una técnica valiosa de recolección de datos. Es muy utilizada, consiste en un diálogo entre dos o más personas que cumplen los roles de entrevistador y entrevistado.

Se utilizó una entrevista al entrenador de la Selección de natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, con el objetivo de obtener información valiosa acerca de los conocimientos científicos de la Biomecánica Deportiva y otros temas

importantes que tienen relación con los indicadores planteados en esta investigación. La entrevista estuvo conformada por trece (13) ítems.

#### **3.4.3.2 Test de natación 25 metros estilo Mariposa**

Con la implementación de este instrumento, se logró analizar la biomecánica de los nadadores cuando se desplazan por el agua a una distancia de 25 metros en el estilo Mariposa, para ello se elaboró una tabla de registro que estuvo conformada por 20 aspectos a evaluar en dicho estilo, para lo cual se utilizó las opciones de SI y NO para valorar si cada nadador cumplía adecuadamente con estos aspectos.

#### **3.4.4 INSTRUMENTOS**

Para el desarrollo de esta investigación, se utilizaron 2 instrumentos, en donde uno fue utilizado con la población de seleccionados de natación que participaron en el estudio y otro fue dirigido a su entrenador. Los instrumentos aplicados fueron los siguientes:

- Test de natación 25 metros estilo Mariposa
- Guía de entrevista

##### **3.4.4.1 Test de natación 25 metros estilo Mariposa**

El Test de natación 25 metros estilo Mariposa, es una prueba en la cual el nadador se desplaza por el agua a una distancia de 25 metros mientras es filmado por cámaras fotográficas y de video. El objetivo del test es evaluar la técnica que el nadador ejecuta cuando nada el estilo Mariposa.

#### **3.4.4.2 Guía de entrevista**

La guía de entrevista fue diseñada de acuerdo a los indicadores contenidos en esta investigación, dirigida al entrenador de la Selección de natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”.

#### **3.4.4.3 Equipos para realizar el Test de Natación 25 metros estilo Mariposa**

- Cinta métrica
- Báscula
- Hoja de recolección de datos
- Bolígrafos
- Silbato
- Cronómetro
- 2 cámaras acuáticas de video
- 1 cámara de video
- 1 cámara fotográfica
- Hojas de recolección de datos

### **3.5 VALIDACIÓN**

Para asegurarse de la fiabilidad los instrumentos de la investigación, se realizó una validación previa de estos, tanto con la entrevista como con el Test de natación 25 metros estilo Mariposa. Para ello se requirió del siguiente procedimiento:

1- Verificar la fiabilidad de los ítems de la entrevista a través del coeficiente Alfa de Cronbach.

El coeficiente Alfa de Cronbach es un modelo de consistencia interna, basado en el promedio de las correlaciones entre los ítems. Entre las ventajas de esta medida se encuentra la posibilidad de evaluar cuánto mejoraría (o empeoraría) la fiabilidad de la prueba si se excluyera un determinado ítem. Este coeficiente, requiere una sola administración del instrumento y produce valores que oscilan entre 0 y 1. Su ventaja reside en que no es necesario dividir en dos mitades a los ítems del instrumento de medición, simplemente se aplica la medición y se calcula el coeficiente” (Hernández et al., 2003cd).

2- Se presentó un test a 4 especialistas en el área de la natación denominado “Test de natación D-3 estilo Mariposa”, con el objetivo que pudieran dar su valoración al respecto, para posteriormente implementarlo como una técnica para esta investigación. Se tuvo la necesidad de volver a diseñar nuevamente el test, ya que este excedía el tiempo adecuado para desarrollarlo en el estilo de nado Mariposa, por lo cual, se tuvo a bien considerar las observaciones de los especialistas en el área.

3- Validación del Test de Natación 25 metros estilo Mariposa.

Se presentó nuevamente un nuevo test a los especialistas en el área de la natación, teniendo en cuenta las sugerencias y observaciones que habían hecho con respecto al primer test que se les presentó en la primera ocasión. Este nuevo test fue denominado “Test de natación 25 metros estilo Mariposa”, el cual fue revisado y aprobado por cada uno de los especialistas involucrados.

### **3.6 METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS**

Se determinó el tema que se deseaba investigar, de la misma manera, se eligió a un grupo de atletas de la selección de natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, quienes formaron parte de la población a investigar, previamente se hizo la gestión correspondiente para obtener la autorización de las autoridades de la institución e iniciar con el proceso de investigación.

La temática que se investigó hace referencia a la Biomecánica de nadadores que forman parte de esta Selección, el objetivo fue analizar la Biomecánica de nado en el estilo Mariposa de una determinada cantidad de estudiantes quienes formaron parte de la población estudiada.

Se definieron las variables a estudiar, para las cuales se hizo necesario elegir las técnicas e instrumentos que permitieran evaluar dichas variables, para ello, se utilizó una entrevista dirigida al entrenador de la Selección de natación con su respectiva guía de entrevista. De igual manera, se hizo uso de un test de natación 25 metros estilo Mariposa que previamente fue validado por expertos en el área de la natación. Al mismo tiempo en que se realizó el test, se tomaron registros, utilizando 2 cámaras Go Pro de video y 1 cámara tipo Tablet colocadas de manera estratégica que permitieron obtener los datos en video para finalmente, analizar cada movimiento de los nadadores.

Para este análisis, se utilizó el programa Kinovea, el cual, facilitó observar con mayor precisión las imágenes de cada nadador que se evaluó, ya que posee la facilidad de reproducir videos deportivos en cámara lenta, la cual brinda las posibilidades de reducir o aumentar la velocidad de reproducción del video, así como agregar medidas a las imágenes como ángulos,

distancias y coordenadas, todo esto, con el objetivo de obtener la información oportuna para corregir errores y a mejorar la técnica empleada durante un entrenamiento o una competición.

### **3.6.1 FASES METODOLÓGICAS DE LA RECOPIACION DE DATOS**

#### **3.6.1.1 Fase Uno**

Se llevó a cabo una entrevista dirigida al entrenador de la Selección de natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, con el objetivo de obtener datos importantes para nuestra investigación, en fecha 08 de agosto de 2017.

#### **3.6.1.2 Fase Dos**

Se realizó el Test de natación 25 metros estilo Mariposa a los atletas que integran la selección de natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, con el objetivo de obtener datos importantes mediante la grabación en video y fotografías, para luego poder analizar la Biomecánica de nado de cada uno de ellos. El test se llevó a cabo en la piscina de las instalaciones de esta institución educativa, logrando obtener datos únicamente a 3 atletas.

#### **3.6.1.3 Fase Tres**

Se realizó el Test de natación 25 metros estilo Mariposa a los atletas que integran la selección de Natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, en el cual participaron 6 atletas que estaban pendientes de ejecutarlo. El test se llevó a cabo en la piscina de las instalaciones del Polideportivo de la Universidad de El Salvador.

## **Protocolo para la realización del Test de natación metros estilo Mariposa**

- Los nadadores tratarán de ejecutar una técnica correcta del estilo mariposa, desplazándose a una distancia de 25 metros.

- Cada movimiento de los nadadores se filmará por medio de cámaras fotográficas y de video, donde quedará registrada la técnica realizada durante la ejecución del test, para que posteriormente se analice la biomecánica de los nadadores.

Para llevar a cabo el test se requieren los siguientes materiales:

- 1 cronómetro.
- 1 silbato
- 2 cámaras acuáticas de video
- 1 cámara de video
- 1 cámara fotográfica
- 1 persona que registre datos

### **Elementos que se deberán registrar:**

- Posición del cuerpo
- Movimientos de brazos: entrada, tracción y recobro
- Movimiento de piernas
- Coordinación de estilo
- Ciclo de brazada
- Tiempo de nado
- FCI
- FCF

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

#### 4.1 ORGANIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS DATOS

En esta investigación que se realizó en el Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, se pretendía analizar los factores biomecánicos que influyen en el rendimiento del estilo Mariposa de la Selección de natación nivel avanzado masculino de este centro educativo.

Después de haber obtenido los datos producto de la aplicación de los instrumentos de investigación, se procedió a codificarlos, tabularlos y utilizar la informática a los efectos de su interpretación que permitió la elaboración y presentación de tablas y graficas estadísticas que reflejan los resultados.

Para analizar los datos obtenidos en el test de natación 25 metros estilo Mariposa, se utilizó una tabla de resultados que describía cada uno de los aspectos a evaluar con las respectivas opciones de **SI** y **No**.

Las gráficas representan los resultados que se obtuvieron al analizar de manera general cada uno de estos aspectos.

En lo que respecta a la entrevista, se realizó un cuadro donde se indica el ítem, la respuesta obtenida por el entrevistado y la interpretación.

Luego de analizar los resultados se procedió a la comprobación de hipótesis de investigación, aplicando el método estadístico Q de Kendall. Con estos resultados obtenidos se procedió a la validación de las hipótesis.

## **4.2 RESULTADOS DEL TEST DE NATACIÓN 25 METROS ESTILO MARIPOSA**

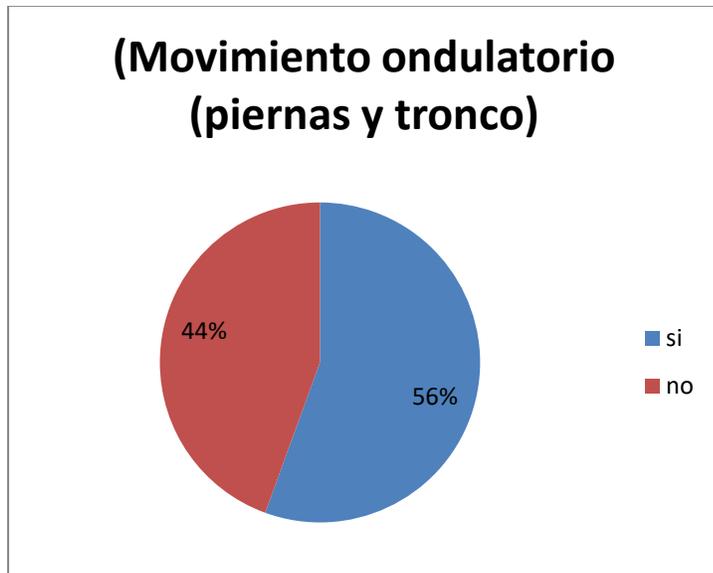
En las tablas que a continuación se presentan, se detalla el resultado que se obtuvo después de la realización del test de natación 25 metros estilo Mariposa, en el cual se evaluaron una serie de aspectos técnicos de este estilo, diferenciando 2 escalas de medición, separando los datos obtenidos de la siguiente manera:

- Los que **SI** cumplieron con cada aspecto evaluado.
- Los que **NO** cumplieron con cada aspecto evaluado.

Tabla N° 1

Posición del cuerpo	Aspecto de evaluado	SI	NO	TOTAL
		Movimiento ondulatorio	5	4

Gráfico N° 1



Fuente: elaboración propia

### **Análisis e interpretación**

El movimiento ondulatorio es el que permite que el nadador realice la secuencia de ondulación ascendente y descendente desde los pies hacia la cadera, tronco y cabeza. De acuerdo a los datos obtenidos a través del test de natación 25 metros estilo Mariposa, se observó que el 44% no realiza adecuadamente la secuencia de estilo, por lo que se les hizo difícil realizar un buen desplazamiento sobre el agua. Un 56% si realizó un adecuado movimiento ondulatorio (piernas y tronco). Esto posiblemente se deba a que este tipo de movimiento es muy complejo para los nadadores, el cual exige principalmente que la cadera tenga un excelente grado de flexibilidad.

Tabla N°2

Posición del cuerpo	Aspecto evaluado	SI	NO	TOTAL
		Posición horizontal	9	0

Grafico N°2



Fuente: elaboración propia

### Análisis e interpretación de los resultados

Con respecto a la posición horizontal el 100% de los seleccionados realizó una adecuada posición horizontal que requiere el estilo Mariposa. No hubo ningún inconveniente, se observó que esta posición no es modificada por los integrantes de la Selección de natación, desde el inicio hasta el final del nado. En el estilo Mariposa, puede existir una mínima dificultad en el cumplimiento de mantener durante el tiempo de nado esta posición, debido a la demanda de la secuencia del movimiento que el cuerpo realiza.

Tabla N°3

	<b>Aspecto de evaluado</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>TOTAL</b>
Movimiento de brazos (entrada)	Brazos completamente extendidos	7	2	9

Grafico N° 3



Fuente: elaboración propia

**Análisis e interpretación:**

Los datos indicaron que de la población estudiada un 67% efectuaron una extensión completa de los brazos al momento en que estos se encuentran a la altura de los hombros para continuar sucesivamente la fase de entrada de los brazos. Un 33% de la población no realizó una extensión completa de los brazos a lo que el estilo lo requiere, cometiendo el error de flexionarlos.

Tabla N°4

Movimiento de brazos (entrada)	Aspecto evaluado	SI	NO	TOTAL
	La entrada se realiza delante de los hombros con los codos altos y ligeramente flexionados	8	1	9

Grafico N° 4



Fuente: elaboración propia

**Análisis e interpretación:**

Un 89% de los atletas realizan la entrada de las manos delante de los hombros con los codos ligeramente altos y ligeramente flexionados y un 11% no lo realizan debido a una mala coordinación del resto del cuerpo; observando que los codos no están flexionados al momento en que los brazos entran al agua.

Tabla N° 5

Movimiento de brazos (entrada)	Aspecto evaluado	SI	NO	TOTAL
	Los pulgares son los primeros que entran a la anchura de los hombros	4	5	9

Grafico N° 5



Fuente: elaboración propia

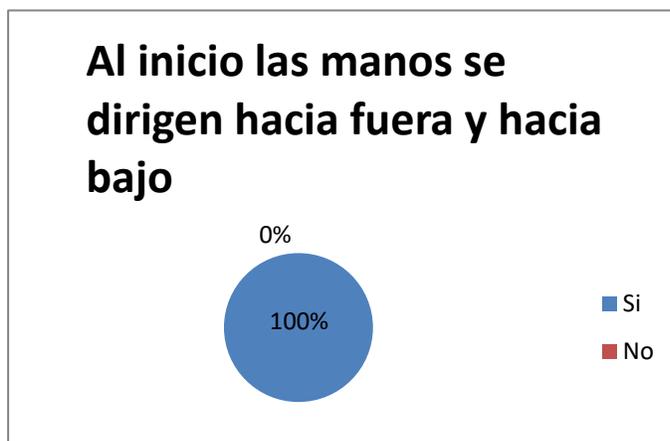
### **Análisis e interpretación**

De acuerdo a los resultados, se verificó que un 44% de los nadadores realizaron el primer contacto con el agua utilizando los dedos pulgares al momento en que los brazos hacen la entrada a la anchura de los hombros. El 56% nos indica que al momento de realizar la entrada de los brazos, algunos nadadores, cometieron el error de realizar primero el contacto utilizando la palma de la mano.

Tabla N° 6

	<b>Aspecto evaluado</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>TOTAL</b>
Tracción	Al inicio las manos se dirigen hacia fuera y hacia bajo	9	0	9

Grafico N° 6



Fuente: elaboración propia

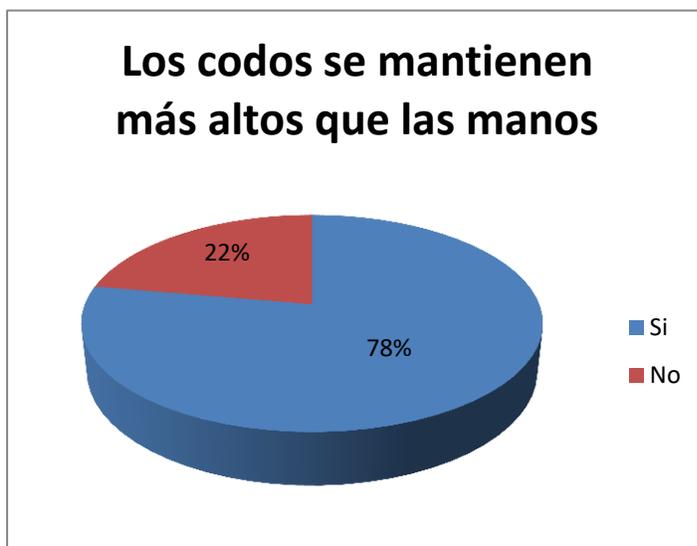
**Análisis e interpretación:**

Con respecto al inicio de la tracción se puede mencionar que los hombros poseen naturalmente un movimiento de rotación, es por este motivo que se facilita que las manos se dirijan hacia afuera y hacia abajo durante esta fase. Los resultados muestran que el 100% de los nadadores colocaron correctamente las manos dirigidas hacia afuera y hacia abajo durante el inicio de la fase de tracción.

Tabla N° 7

	Aspecto evaluado	SI	NO	TOTAL
Tracción	Los codos se mantienen más altos que las manos	2	7	9

Grafico N° 7



Fuente: elaboración propia

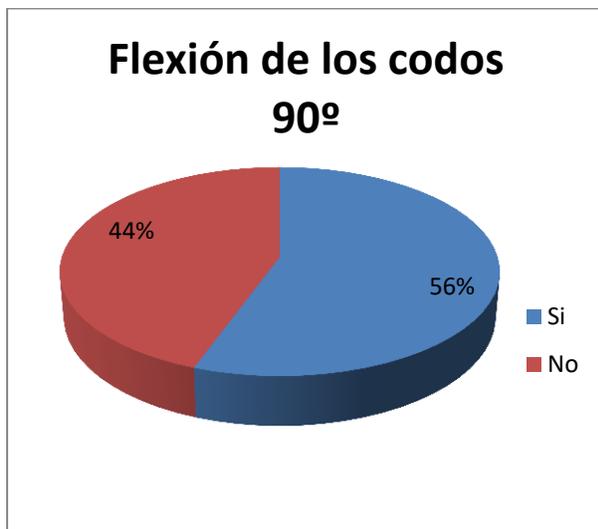
**Análisis e interpretación:**

La grafica muestra que la mayor parte de la población estudiada mantuvieron los codos más altos que las manos, el 78% de la población lo realizó adecuadamente, tal como lo describe la teoría en comparación de un 22% que no cumplió con esta condición, ya que cometen el error de hacer un movimiento de rotación de hombros, donde alinean el brazo, antebrazo y la mano al mismo tiempo.

Tabla N° 8

	<b>Aspecto evaluado</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>TOTAL</b>
Tracción	Flexión de los codos 90°	5	4	9

Grafico N° 8



Fuente: elaboración propia

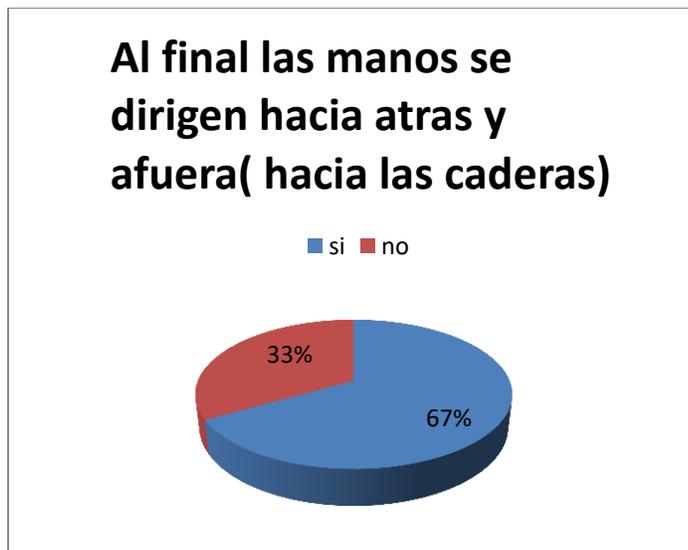
**Análisis e interpretación:**

En este grafico se observa que el 56% de la población flexionó adecuadamente los codos durante la fase de tracción, que es un punto donde los movimientos de los brazos se dirigen hacia la cadera formando un ángulo de 90°. Resultó que un 44% no cumplió con la colocación correcta de los codos tal como se ha indicado anteriormente.

Tabla N° 9

	<b>Aspecto evaluado</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>TOTAL</b>
Tracción	Al final las manos se dirigen hacia atrás-afuera (hacia las caderas)	6	3	9

Grafico N° 9



Fuente: elaboración propia

**Análisis e interpretación:**

Observando los resultados, se puede afirmar que el 67% de la población si realizó la inclinación de las manos hacia atrás y hacia afuera, hacia abajo y hacia atrás. El 33% de la población restante no realizó la inclinación de las manos hacia atrás y hacia afuera, ni hacia las caderas.

Tabla N° 10

Recobro	Aspecto evaluado	SI	NO	TOTAL
	Los brazos se encuentran relajados	4	5	9

Grafico N° 10



Fuente: elaboración propia

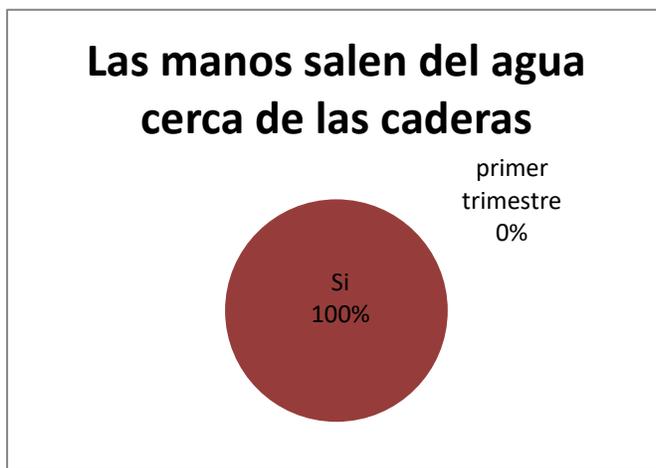
### Análisis e interpretación:

El gráfico muestra que un 56% de la población a la hora de realizar el estilo Mariposa, no mantuvieron los brazos relajados. El 44% de la población muestra estar relajados. En la fase del recobro, se requiere que los brazos no estén excesivamente tensos, ya que restan fuerza a los siguientes movimientos que el nadador realizará posteriormente.

Tabla N° 11

	<b>Aspecto evaluado</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>TOTAL</b>
Recobro	Las manos salen del agua cerca de las caderas	9	0	9

Grafico N° 11



Fuente: elaboración propia

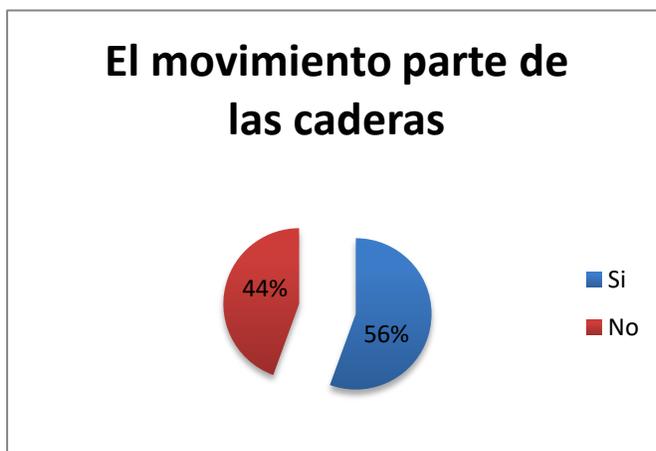
**Análisis e interpretación:**

En el gráfico se puede observar que durante la fase del recobro, el 100% de la población colocaron las manos cerca de la cadera y luego salen del agua para luego iniciar la fase de recobro. Esto ocurre de manera que la inercia hacia el interior pueda superarse con menor esfuerzo. Donde la velocidad de la mano debe de acelerarse para completar la parte final del barrido, para iniciar otra fase donde las manos salen del agua cerca de las caderas.

Tabla N° 12

	<b>Aspecto evaluado</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>TOTAL</b>
Movimiento de piernas	El movimiento parte de las caderas	5	4	9

Grafico N° 12



Fuente: elaboración propia

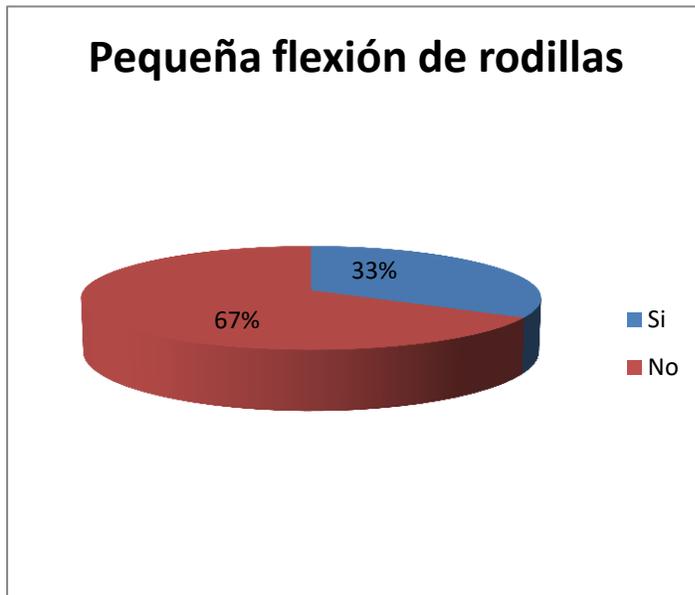
### **Análisis e interpretación**

El gráfico muestra que del total de la población evaluada el 56% ejecutaron de manera adecuada el movimiento de piernas partiendo de las caderas, por otro lado el 44% no lo realiza tal como debe ser, ya que este movimiento no comienza desde las caderas, sino que se genera en las rodillas, imposibilitando realizar también una buena ondulación de la cadera. Por tanto, el nadador que ejecute este estilo debe procurar que el movimiento de piernas parta desde las caderas y no desde las rodillas, logrando así una mayor facilidad de ondulación de la cadera.

Tabla N° 13

Movimiento de piernas	Aspecto evaluado	SI	NO	TOTAL
	Pequeña flexión de rodillas		3	6

Grafico N° 13



Fuente: elaboración propia

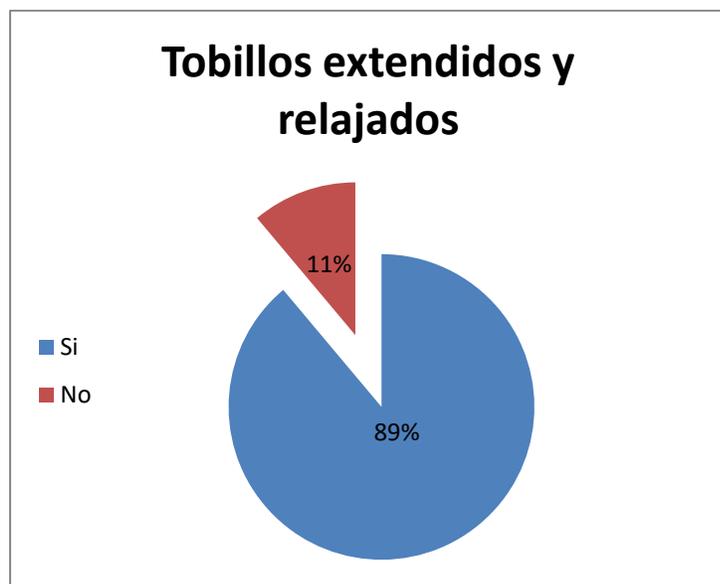
### **Análisis e interpretación:**

En el siguiente gráfico muestra que el 67% de los nadadores sobrepasaron el límite establecido en el movimiento de flexión de las piernas. Según la teoría las piernas deben estar extendidas y los pies deben estar en posición natural a mitad de camino entre la flexión plantar y la flexión del dorso, mientras se desplazan hacia arriba. El 33% indica que se aplicaron a la teoría antes mencionada, al realizar una mínima flexión de rodillas.

Tabla N° 14

Movimiento de piernas	Aspecto evaluado	SI	NO	TOTAL
	Tobillos extendidos y relajados		8	1

Grafico N° 14



Fuente: elaboración propia

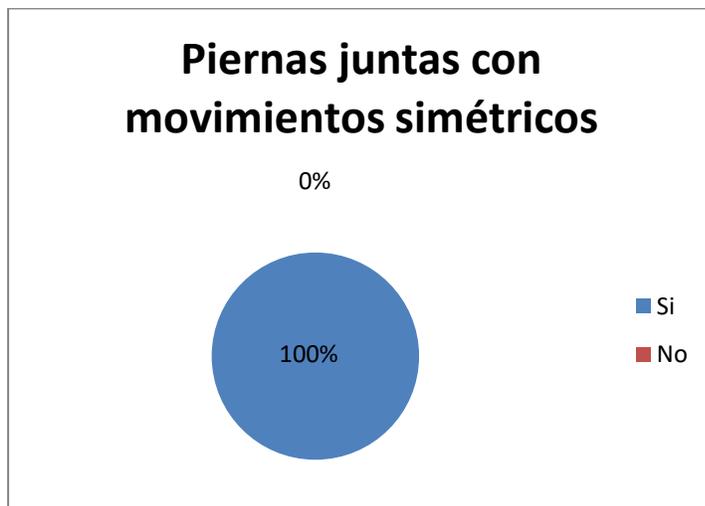
**Análisis e interpretación:**

La gráfica muestra que el 89% de los seleccionados que realizaron el test de los 25 metros estilo Mariposa, lograron desplazarse aplicando un buen estilo de nado y movimiento de tobillos extendidos relajados y un 11% nos indica que durante el recorrido de nado no lograron aplicar un buen estilo de nado favorable y poder llegar al punto donde los pies se encuentren en flexión plantar y flexión dorsal mientras se desplazan dentro y fuera de agua.

Tabla N° 15

	<b>Aspecto evaluado</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>TOTAL</b>
Movimiento de piernas				
	Piernas juntas con movimientos simétricos	9	0	9

Grafico N° 15



Fuente: elaboración propia

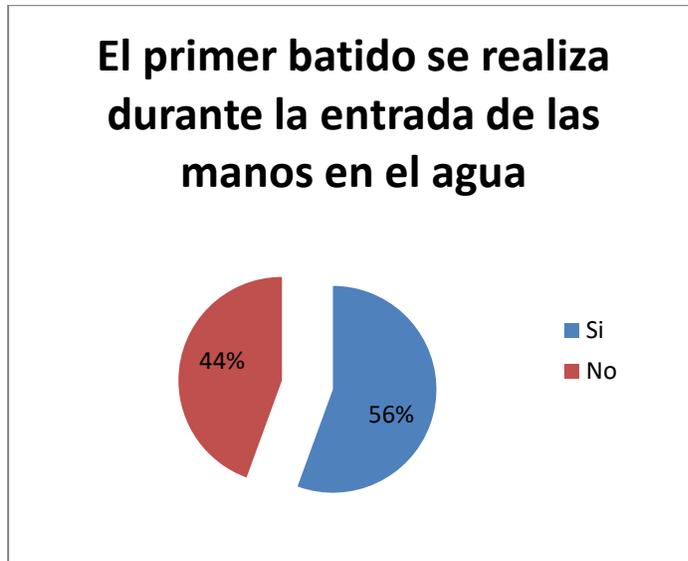
**Análisis e interpretación:**

Se observa en el gráfico que el 100% de los nadadores lograron realizar el movimiento de piernas juntas con movimientos simétricos, conocida también como la patada de delfín, que consiste en un batido hacia abajo y hacia arriba. Se producen dos golpes o patadas completas por cada brazada.

Tabla N° 16

	Aspecto evaluado	SI	NO	TOTAL
Coordinación de estilo	El primer batido se realiza durante la entrada de las manos en el agua	5	4	9

Grafico N° 16



Fuente: elaboración propia

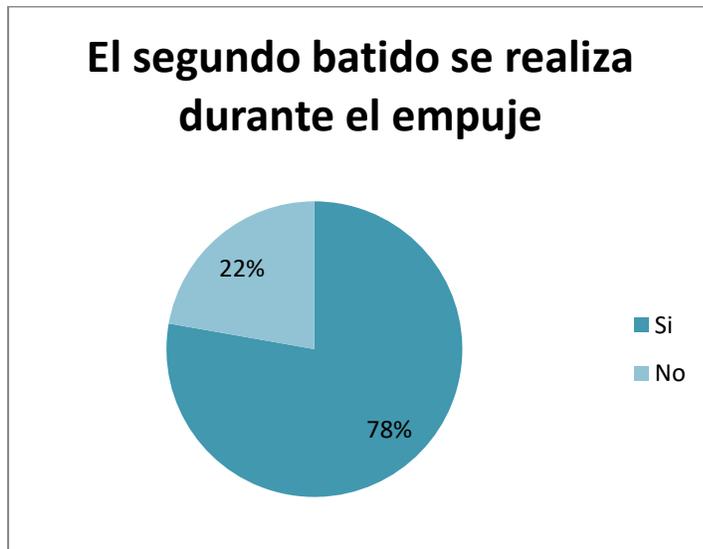
### **Análisis e interpretación de los resultados:**

En este gráfico se puede observar que el 56% de los nadadores que realizaron el test de natación 25 metros estilo Mariposa, mostraron estar completamente coordinados con la técnica del estilo de nado efectuándolo correctamente. El 44% resultó no estar coordinado con el estilo de nado ya que su entrada de los brazos la realizaron antes o en el segundo batido de piernas. El batido hacia abajo del primer golpe, se produce mientras las manos entran en el agua.

Tabla N° 17

Coordinación de estilo	Aspecto evaluado	SI	NO	TOTAL
		El segundo batido se realiza durante el empuje	7	2

Grafico N° 17



Fuente: elaboración propia

### Análisis e interpretación de los resultados:

El gráfico muestra que de la población evaluada, el 78% realizaron el segundo batido correctamente durante el empuje. El 22% no lograron realizarlo correctamente. Según algunos autores, el segundo batido hacia abajo se efectúa cuando los brazos salen del agua. El batido hacia abajo del segundo golpe está sincronizado con el barrido hacia arriba de la brazada, y el subsiguiente batido hacia arriba acompañado del recobro de los brazos.

Tabla N° 18

Coordinación de estilo	Aspecto evaluado	SI	NO	TOTAL
		La cabeza sale antes que los brazos	9	0

Grafico N° 18



Fuente: elaboración propia

### **Análisis e interpretación de los resultados:**

El 100% de la población efectuó la salida de la cabeza antes que los brazos. Según la teoría, la cara debe romper la superficie del agua durante la ejecución del barrido hacia adentro, y hay que respirar durante el barrido hacia arriba y la primera mitad del recobro de los brazos.

Tabla N° 19

Coordinación de estilo	Aspecto evaluado	SI	NO	TOTAL
		La cabeza entra antes que los brazos	8	1

Grafico N° 19



Fuente: elaboración propia

### Análisis e interpretación:

Según los resultados un 89% de la población hicieron una excelente coordinación de estilo en aplicar la entrada de la cabeza antes que los brazos se lancen hacia adelante para entrar en el agua, la cabeza vuelve a hundirse en el agua; el 11% restante de la población resultó que al momento de realizar el estilo Mariposa la coordinación no fue muy buena porque no mantuvieron el ritmo asimétrico que la cabeza entrara antes que los brazos, si no que realizaron ambas opciones al mismo tiempo cabeza y brazos.

Tabla N° 20

	<b>Aspecto evaluado</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>	<b>TOTAL</b>
Coordinación de estilo	Una respiración, dos brazadas y cuatro patadas	2	7	9

Grafico N° 20



Fuente: elaboración propia

### **Análisis e interpretación de los resultados:**

El 78% de la población observada no aplicaron un estilo diferente de dos patadas de delfín, una brazada y una respiración durante la prueba. Un 22% de los nadadores aplicaron un ciclo más que consiste en realizar una respiración, dos brazadas y cuatro patadas; esto se considera válido en este estilo de natación.

**4.3 RESULTADOS DE LA ENTREVISTA DIRIGIDA AL ENTRENADOR DE LA SELECCIÓN DE NATACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL “GENERAL FRANCISCO MENÉNDEZ”**

PREGUNTA	RESPUESTA	INTERPRETACION
1. ¿Qué opina acerca del conocimiento de la biomecánica en la natación?	Las correcciones como mayormente lo conocemos la mayoría de entrenadores, corrección de patada, brazada y movimiento de ondulación que hacemos con la cadera	Los movimientos que el nadador realiza: brazada, patada y ondulación de la cadera.
2. ¿Considera que los las dificultades biomecánicas del nadador afectan significativamente en el rendimiento?	No les afecta en nada	Las dificultades biomecánicas no tienen relevancia en cuanto al rendimiento de los nadadores.
3. ¿Considera que la falta de recursos tecnológicos para observar la biomecánica del estilo mariposa afecta en el rendimiento de los seleccionados?	Si nos afectaría bastante, porque por lo menos hacerlo solamente visual, es bastante difícil poderlo corregir sino lo estamos viendo desde otro ángulo	Si afecta bastante, es necesario tener otros ángulos visuales para observar cada movimiento
4. ¿Cómo entrenador, en que se basa para verificar que sus nadadores realizan una técnica correcta en el estilo mariposa?	Prácticamente nosotros nos basamos en el estilo, observando un video de Michael Phelps y poniéndolo en practica	En el estilo y los videos de Michael Phelps
5. ¿Planifica periódica mente cada una de las sesiones de entrenamiento?	Si, un macrociclo para todo el año	Diseñan un macrociclo anual para la planificación de los entrenamientos
6. ¿Nos puede comentar si alguna vez ha realizado algún test para evaluar el rendimiento de los nadadores y que tipo de test utilizó?	Un test no, pero, anualmente se realiza una competencia	Utiliza una competencia para evaluar el rendimiento de sus nadadores, que sirve como parámetro para identificar el avance que estos van logrando

7. ¿Cómo entrenador, al evaluar el rendimiento de los nadadores, que tipo de tecnología utilizaría?	Tecnología no tenemos aquí, pero podríamos utilizar las aletas pulls y manoplas para ser las correcciones	No hay tecnología
8. ¿Considera que si contara con los recursos tecnológicos para evaluar el rendimiento de sus nadadores, estos tendrían un mejor rendimiento?	Si	Mejoraría aún más el rendimiento de sus atletas
9. ¿Es conocedor del programa Kinovea?	No	No está informado acerca del programa Kinovea
10. ¿Ha identificado alguna vez si sus seleccionados tienen algún conocimiento acerca la Biomecánica deportiva?	Algunos si tienen conocimiento porque ya vienen de otras federaciones	Algunos de sus seleccionados tienen conocimiento de la Biomecánica, por el hecho de haber formado parte de la federación de natación
11. ¿Cuenta con los implementos deportivos adecuados para realizar las clases prácticas de natación?	No	No cuentan con suficientes implementos deportivos que requieren los entrenamientos
12. ¿Las instalaciones donde realizan los entrenamientos, son las adecuadas para la práctica de la natación?	No, prácticamente para una selección de natación tendríamos que tener una piscina de 50 metros, la que tenemos no tiene ni los 25 metros	La piscina donde desarrollan los entrenamientos no es adecuada para trabajar con un grupo de selección
13. ¿Los seleccionados que tiene a su cargo, poseen un buen nivel de coordinación al momento de practicar la natación?	La mayoría si	La mayoría de los seleccionados cuentan con un buen nivel de coordinación que les ayuda a realizar una buena técnica

#### 4.4 COMPROBACION DE HIPÓTESIS

Tabulación de los datos por géneros		
Interrogante	Femenino	Masculino
SI	77	53
NO	43	7
<b>Total</b>	120	60

#### Cuadrado teórico para el coeficiente Q de Kendall

A	B
77	53
C	D
43	7

#### Formula a utilizar:

$$Q = \frac{(A)(D) - (B)(C)}{(A)(B) + (B)(C)}$$

#### Sustituyendo los datos:

$$Q = \frac{(77)(7) - (53)(43)}{(77)(53) + (53)(43)}$$

$$Q = \frac{539 - 2279}{4081 + 2279}$$

$$Q = \frac{-1740}{6360}$$

<b>Q = -0.2735</b>
--------------------

MAGNITUD	
Valor del coeficiente	Asociación o correlación
Menos de 25	Baja
De. 25 a 45	Media baja
De. 46 a 55	Media
De. 56 a 75	Media alta
De. 76 en adelante	Alta

## Interpretación.

Al haber aplicado la fórmula del coeficiente Q de Kendall, podemos observar que el valor encontrado es de **0.2735** por lo que indica que existe una correlación baja entre las variables de la hipótesis alternativa, pero existe una correlación entre las variables de la hipótesis nula, por lo tanto esta hipótesis se cumple ya que los seleccionados presentan dificultades en algunos aspectos evaluados en el rendimiento de natación en el estilo Mariposa.

### 4.4.1 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

**Ha:** las dificultades biomecánicas afectan de manera negativa en el rendimiento estilo Mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado masculino y femenino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez” año 2017.

**Ho:** las dificultades biomecánicas no afectan de manera negativa en el rendimiento estilo Mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez” año 2017.

### Cruce de variables por el género Femenino y Masculino

A 77	B 43	130
C 43	D 7	50
120	60	180

$$A = \frac{130 \cdot 120}{180} = 86.67$$

$$B = \frac{60 \cdot 130}{180} = 43.33$$

$$C = \frac{50 \cdot 120}{180} = 33.33$$

$$D = \frac{60 \cdot 50}{180} = 16.67$$

Donde las frecuencias esperadas (fe) se obtienen de la siguiente manera:

o	e	o - Fe	$(Fo - Fe)x^2$	$\frac{(Fo - Fe)x^2}{Fe}$
			93.	1.08
7	6.67	9.67	51	
			93.	1.08
3	3.33	.67	51	
			93.	1.08
3	3.33	.67	51	
			93.	1.08
	6.67	9.67	51	
<b>Total</b>				<b><math>X^2 = 4.32</math></b>

## Nivel de significación

$\alpha = 0.05 = 95\%$  de probabilidad de aceptar o rechazar la hipótesis de investigación.

## Zona de rechazo

Para todo valor de probabilidad mayor que 0.05, se acepta  $H_a$  y se rechaza  $H_o$ .

Grados de libertad

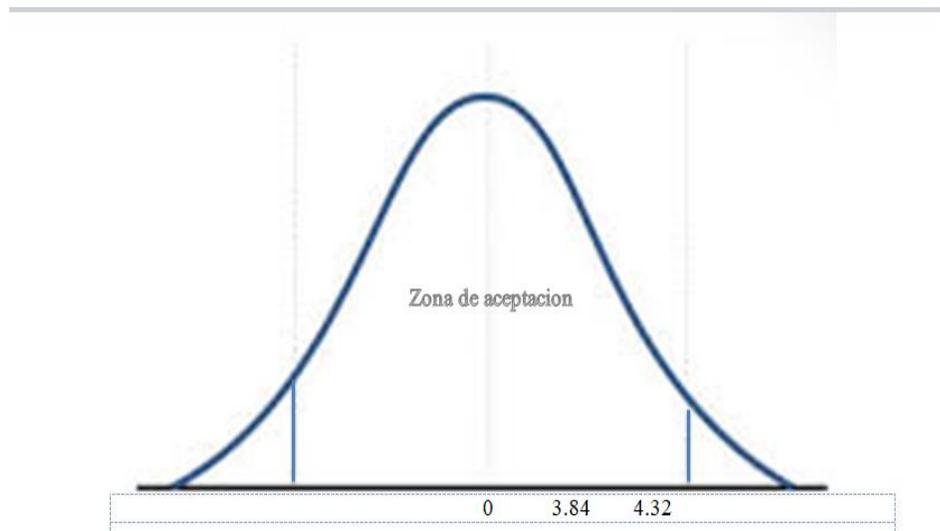
$K = (\# \text{ de columnas} - 1) (\# \text{ de filas} - 1)$

$K = (2-1) (2-1)$

$K = (1) (1)$

$K = 1$  Grados de Libertad

Nivel de significación  $\alpha = 0,05$ ;  $Z = 3.84$



## Interpretación:

Dado la probabilidad del valor calculado u obtenido de  $X^2$  (4.32) se compara con los valores críticos de la Distribución  $X^2$  (tabla), y se observa que a una probabilidad de 0.05 le corresponde 3.84, por tanto, el cálculo tiene una probabilidad mayor que 0.05.

**Decisión:**

Como  $X^2$  es de 4.32, con 1 grado de libertad, tiene un valor de probabilidad mayor que 0.05, entonces se acepta  $H_a$  y se rechaza  $H_o$ .

Por los resultados encontrados, afirmamos que las dificultades biomecánicas afectan de manera negativa en el rendimiento estilo Mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez” año 2017.

Con los resultados obtenidos se comprueba que la asociación entre las variables fue baja en el estadístico de Q de Kendall, sin embargo en la distribución de  $\chi^2$  para la comprobación de la hipótesis, resultó más alto que el valor de z.

Por lo tanto, esta hipótesis se cumple, ya que los seleccionados presentan dificultades en algunos aspectos evaluados en el rendimiento de natación en cuanto al estilo Mariposa.

#### 4.5 VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

Objetivos	Hipótesis	Validación
<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Analizar los factores biomecánicos que influyen en el rendimiento estilo Mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez” año 2017</p>	<p><b>Ha:</b> las dificultades biomecánicas afectan de manera negativa en el rendimiento estilo Mariposa de los integrantes de la selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez” año 2017</p>	<p>Con los resultados obtenidos se comprueba que la asociación entre las variables fue baja en el coeficiente Q de Kendall, sin embargo en la distribución de <math>\chi^2</math> para la comprobación de la hipótesis resultó más alto que el valor de z. por lo tanto esta hipótesis si se cumple, ya que los seleccionados presentan dificultades en algunos aspectos evaluados en el rendimiento en el estilo Mariposa</p>
<p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>Identificar las dificultades biomecánicas que afectan en el rendimiento estilo Mariposa a los seleccionados de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez” año 2017</p>	<p><b>Hipótesis específica</b></p> <p>Las dificultades biomecánicas afectan significativamente en el rendimiento estilo Mariposa, en los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez” año 2017</p>	<p>Luego de haber comprobado que la hipótesis específica, se determinó que se cumple según el coeficiente Q Kendall que nos dice que la relación es baja, porque los resultados obtenidos por la población estudiada en el aspecto número 1 hasta el 20, se observa que en el aspecto uno, movimiento ondulatorio (tronco y pierna), 44% no realiza adecuadamente la secuencia de estilo, por lo que se les hace difícil realizar un buen desplazamiento sobre el agua. Un 56% realiza un</p>

		<p>adecuado movimiento ondulatorio (piernas y tronco). Se puede mencionar que del 100% de los aspectos evaluados, el 96% mostró tener dificultades en cada uno de los aspectos evaluados, y el 4% de los aspectos evaluados no eran muy difíciles de realizar para los seleccionados de natación, ya que no presentaron ninguna dificultad al momento realizarlos</p>
<p>Verificar en los seleccionados de natación si realizan una técnica correcta del estilo Mariposa</p>	<p>Los seleccionados de natación nivel avanzado, presentan dificultades al realizar la técnica correcta del estilo Mariposa</p>	<p>Comparando los resultados con la hipótesis de investigación, se afirma que la hipótesis específica se comprueba ya que los seleccionados de natación del nivel avanzado presentan dificultades al momento de realizar la técnica correcta del estilo Mariposa</p>

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

Después de haber realizado las investigaciones concernientes sobre el tema los factores biomecánicos que influyen en el rendimiento estilo mariposa de los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez, y basados en los resultados obtenidos, se pueden realizar las siguientes conclusiones:

➤ Se comprobó que los integrantes de la Selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, tienen dificultades biomecánicas que afectan de manera negativa en el rendimiento estilo Mariposa ya que los resultados que se obtuvieron tomando como base los aspectos evaluados por medio del test de natación, se observa que de los 20 de estos aspectos, el 96% mostró tener dificultades en cada uno de ellos y el 4% no tuvo muchos inconvenientes.

En conclusión con los datos anteriores, los factores biomecánicos si inciden en el rendimiento estilo Mariposa. Un aspecto a tener bien claro es que el rango de tiempo de practicar la natación de los seleccionados son las siguientes: un 40% de ellos solo tienen 9 meses de practicar la natación, el 40% tienen dos años y el 20% tienen más de dos años.

Se indagó en la hipótesis específica de investigación realizada sobre si las dificultades biomecánicas afectan significativamente en el rendimiento estilo Mariposa, en los integrantes de la selección de natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”. Esta hipótesis fue comprobada con el estadístico Q de Kendall por lo tanto se puede decir que los resultados obtenidos con el estadístico muestra que la relación fue media baja. Estos nos indican que las dificultades biomecánicas afectan significativamente en el rendimiento estilo Mariposa.

Se determinó que los objetivos e hipótesis específicas se cumplen, según los resultados obtenidos en la población estudiada. Se observa que en el aspecto número uno, movimiento ondulatorio (tronco y pierna) el 44% no realiza adecuadamente la secuencia de estilo, por lo que se les hace difícil realizar un buen desplazamiento sobre el agua. Un 56% si realiza un adecuado movimiento ondulatorio (piernas y tronco).

De los datos mencionados anteriormente, se concluye que las dificultades biomecánicas si afectan significativamente en el rendimiento estilo Mariposa en los integrantes de la selección de natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”. Se pueden mencionar algunos factores que influyeron durante la evaluación en esta población de seleccionados de natación:

- ✓ Practican solamente una hora diaria durante la semana.
- ✓ Los integrantes de la selección de natación, no asisten con frecuencia a sus respectivos entrenos.

Se observó que en el aspecto evaluado de la posición del cuerpo, específicamente en el movimiento ondulatorio (piernas y tronco), que los integrantes de la Selección de natación, presentaron dificultades al momento de realizar el test. El 56% efectuó un buen movimiento ondulatorio y un 44% no lograron realizarlo adecuadamente.

Otro aspecto evaluado como el movimiento de brazos, los cuales deben estar relajados, se identificó que el 44% de la población muestra tenerlos relajados al momento de realizar la brazada en el estilo Mariposa y un 56% no muestran tenerlos relajados.

Con los resultados encontrados de la población estudiada se puede concluir que deberán dedicarle más tiempo de entreno para mejorar cada una de las dificultades que se les presentaron; como los aspectos evaluados: movimiento ondulatorio (piernas y tronco), los pulgares son los primeros que entran al agua, los brazos se encuentran relajados, el movimiento parte de la cadera, pequeña flexión de rodillas etc. Todas estas dificultades que se han mencionado deben ser tomadas en cuenta por el entrenador.

➤ Se estableció que los seleccionados de natación nivel avanzado, presentan dificultades al realizar la técnica correcta del estilo Mariposa. Como resultado del test, según los aspectos evaluados, del número uno al veinte, el 96% no realizaron una técnica correcta del estilo y un 4% si realizaron una técnica correcta.

En conclusión con los datos anteriores, se puede decir que los seleccionados no tienen una técnica correcta. Se observó que tienen dificultades biomecánicas en el

movimiento ondulatorio (pierna y tronco), brazos completamente extendidos, la entrada se realiza delante de los hombros con los codos altos y ligeramente flexionados, los pulgares son los primeros que entran a la anchura de los hombros, los codos se mantienen más altos que las manos, flexión de los codos 90°, al final las manos se dirigen hacia atrás-afuera (hacia las caderas), los brazos se encuentran relajados, el movimiento parte de las caderas, pequeña flexión de rodillas, tobillos extendidos y relajados, el primer batido se realiza durante la entrada de las manos en el agua, el segundo batido se realiza durante el empuje, la cabeza entra antes que los brazos, una respiración, dos brazadas y cuatro patadas.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

➤ Se recomienda al entrenador tomar en cuenta la Biomecánica del estilo Mariposa, para poner en práctica en la hora de los entrenamientos, esto ayudará que los seleccionados mejoren su estilo de nado y obtengan un mejor rendimiento al momento de una prueba o competencia.

➤ Como entrenador deberá de tomar interés en investigar acerca de la Biomecánica, ya que es bastante importante corregir cada movimiento que realizan los seleccionados de natación y ésta podría ser de valiosa ayuda para mejorar el rendimiento de los seleccionados de natación de este centro educativo. Los aspectos de mayor relevancia y en los que debe enfocarse mayormente son: posición del cuerpo, movimientos de brazos; entrada, tracción y recobro, movimiento de pierna coordinación de estilo y ciclo de brazada.

➤ Se le sugiere al entrenador y seleccionados que verifiquen cada uno de estos aspectos biomecánicos cada dos meses de esta manera lograrán corregir sus errores y perfeccionarán mejor su estilo de nado.

➤ Para que los seleccionados de Natación nivel avanzado femenino y masculino del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, tengan un mejor rendimiento en el estilo Mariposa, se deberían realizar test de natación y aumentar el tiempo de los entrenamientos.

➤ Cada cierto tiempo se deberían de realizar el test de 25 metros estilo Mariposa que fue aplicado a los seleccionados de natación u otros tipos de test que también sean de importancia a tenerlos en cuenta en la planificación. Estos pudieran ser también test de resistencia, coordinación, flexibilidad, etc. Todo esto con el propósito de mejorar cada aspecto evaluado en el test de natación 25 metros estilo mariposa; como movimiento ondulatorio, brazos completamente extendidos, los pulgares son los primeros que entran a la anchura de los hombros, los codos se mantienen más altos que las manos, flexión de los codos a 90°, brazos se encuentran relajados, movimiento parte de la cadera, etc.

➤ Otra indicación a tener en cuenta para mejorar el rendimiento es que los seleccionados de natación, deberían de entrenar dos sesiones por día, mañana y tarde o incrementar a dos horas su respectivo entrenamiento.

➤ Es de suma importancia tomar en cuenta los recursos tecnológicos, como las cámaras acuáticas para un análisis biomecánico y utilizar software deportivo que ayude a corregir la técnica de los atletas. Tanto como entrenador y seleccionados deberían de gestionar recursos tecnológicos con la autoridades de la institución o buscar por otros medios patrocinadores que les puedan proporcionar estos recursos que les puedan servir de mucho durante los entrenamientos.

➤ Se recomienda al entrenador de natación, buscar apoyo de otras personas calificadas cuando realice un análisis biomecánico en el estilo mariposa, como pueden ser entrenadores especialistas en natación, investigadores dedicados al deporte, etc.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **LIBROS**

- Roberto Hernández Sampieri . (1997) Metodología de la Investigación, México, Segunda Edición.

### **DIRECCIONES ELECTRÓNICAS**

- <http://www.i-natacion.com/articulos/historia/historia1.html>
- Folleto acerca de la Historia de La natación en El Salvador
- <http://ri.ues.edu.sv/592/1/10135903.pdf>
- Testimonio de Mauricio Cabezas, coordinador de Deportes del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”
- <https://g-se.com/es/biomecanica/blog/blog-2-resumen-de-la-evolucion-historica-de-la-biomecanica>
- <file:///E:/BIOMECANICA/biomecanica%20y%20contr.%20del%20entrenamiento.pdf>
- <http://www.efdeportes.com/efd188/biomecanica-de-la-actividad-fisica.htm>
- <file:///F:/BIOMECANICA/biomecanica%20y%20contr.%20del%20entrenamiento.pdf>
- <http://www.i-natacion.com/articulos/historia/historia1.html>
- 13 <http://www.um.es/univefd/gestos.pdf>
- <http://g-se.com/es/entrenamiento-en-natacion/blog/test-de-campo-para-evaluar-la-resistencia-en-natacion-i-test-7-x-200>

- <https://varieduca.jimdo.com/art%C3%ADculos-de-inter%C3%A9s/la-investigacion-descriptiva/>

# ANEXOS

## **ANEXOS**

- I. MODELO DE ENTREVISTA DIRIGIDO AL ENTRENADOR DE LA SELECCIÓN DE NATACIÓN**
- II. FICHA TÉCNICA DE LOS ATLETAS**
- III. TABLA DE REGISTRO DEL TEST DE NATACIÓN 25 METROS ESTILO MARIPOSA**
- IV. HOJAS DE VALIDACIÓN DEL TEST DE NATACIÓN 25 METROS ESTILO MARIPOSA**
- V. IMÁGENES ANALIZADAS CON EL SOFTWARE KINOVEA**
- VI. FOTOGRAÍAS DEL ESCENARIO**
- VII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**
- VIII. MAPA DEL ESCENARIO**

**ANEXO I: Modelo de Entrevista dirigido al entrenador de la Selección de Natación  
del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
LICENCIATURA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
ESPECIALIDAD EDUCACIÓN FÍSICA, DEPORTES Y RECREACIÓN**

---

**Tema de investigación:** “Los factores Biomecánicos que influyen en el rendimiento estilo Mariposa de los atletas que integran la Selección de Natación nivel avanzado rama masculina y femenina del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez” año 2017”

**Objetivo:** Verificar el nivel de conocimiento del entrenador acerca de la Biomecánica de la natación.

**Entrevistadores:** Gerson Montoya Arias, Raúl Alberto Sanabria y José Antonio Alemán

**Indicaciones:** en forma verbal, responda según criterio contestando todas las interrogantes que se le presentan a continuación.

**Preguntas**

1. **Entrevistador:** ¿Qué opina acerca del conocimiento de la biomecánica en la natación?

**Entrenador:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. **Entrevistador:** ¿Considera que las dificultades biomecánicas del nadador afectan significativamente en el rendimiento?

**Entrenador:** \_\_\_\_\_

3. **Entrevistador:** ¿Considera que la falta de recursos tecnológicos para observar la Biomecánica del estilo Mariposa afecta en el rendimiento de los seleccionados?

**Entrenador:** \_\_\_\_\_

4. **Entrevistador:** ¿Cómo entrenador, en qué se basa para verificar que sus nadadores realizan una técnica correcta en el estilo Mariposa?

**Entrenador:** \_\_\_\_\_

---

---

---

5. **Entrevistador:** ¿Planifica periódica mente cada una de las sesiones de entrenamiento?

**Entrenador:** \_\_\_\_\_

6. **Entrevistador:** ¿Nos puede comentar si alguna vez ha realizado algún test para evaluar el rendimiento de los nadadores y que tipo de test utilizó?

**Entrenador:**

---

---

---

7. **Entrevistador:** ¿Como entrenador, al evaluar el rendimiento de los nadadores, qué tipo de tecnología utilizaría?

**Entrenador:**

---

---

---

8. **Entrevistador:** ¿Considera que si contara con los recursos tecnológicos para evaluar el rendimiento de sus nadadores, estos tendrían un mejor rendimiento?

**Entrenador:** \_\_\_\_\_

9. **Entrevistador:** ¿Es conocedor del programa Kinovea?

**Entrenador:** \_\_\_\_\_

10. **Entrevistador:** ¿Ha identificado alguna vez si sus seleccionados tienen algún conocimiento acerca la Biomecánica Deportiva?

**Entrenador:** \_\_\_\_\_

11. **Entrevistador:** ¿Cuenta con los implementos deportivos adecuados para realizar las clases prácticas de natación?

**Entrenador:** \_\_\_\_\_

12. **Entrevistador:** ¿Las instalaciones donde realizan los entrenamientos, son las adecuadas para la práctica de la natación?

**Entrenador:** \_\_\_\_\_

13. **Entrevistador:** ¿Los seleccionados que tiene a su cargo, poseen un buen nivel de coordinación al momento de practicar la natación?

**Entrenador:** \_\_\_\_\_

## ANEXO II: FICHA TÉCNICA DE LOS ATLETAS

Nombre	Edad	Bachillerato	Edad Deportiva	Peso en libras	Talla	Envergaduras de los brazos	Nº de brazadas en los 25m	Tiempo de llegada en los 25m	FCI	FCF
Bitia Daniela Menjivar	18 a	General	7 meses	105	1.53m	1.40 cm	13	31 seg	90	160
Ileana Nayery Torres	17 a	General	8 meses	150	1.75m	1.71 cm	12	28 seg	110	150
Katherine Jazmín Figueroa	16 a	Comercio	7 meses	110	1.61m	1.64 cm	15	24 seg	120	170
Adriana Michelle Reyes	16 a	General	3 años	100	1.43m	1.50 cm	6	20 seg	100	160
Jimena Alexandra Arévalo	14 a	Comercio	3 años	115	1.65m	1.72 cm	10	18 seg	100	170
Mónica Abigail Moreno	18 a	Turismo	1 año	111	1.55m	1.50 cm	19	30 seg	110	180
Yves Samael Escobar	18 a	Turismo	3 años	180	1.82m	1.84 cm	9	19 seg	120	170
Brando Roberto Menjivar	17 a	General	2 años	155	1.69m	1.42	10	24 seg	130	170
Josué Ayala Rodríguez	18 a	General	2 años	150	1.65m	1.69 cm	8	20 seg	100	150

### ANEXO III: TABLA DE REGISTRO DEL TEST DE NATACIÓN 25 METROS

#### ESTILO MARIPOSA

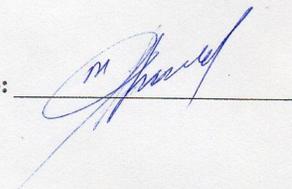
Tiempo de nado			FCI		
Ciclo de brazadas en los 25 metros			FCF		
	<b>Aspectos de evaluación</b>			<b>SI</b>	<b>NO</b>
Posición del cuerpo	Movimiento ondulatorio (tronco y piernas)				
	Posición horizontal				
Movimientos de brazos	Entrada	Brazos completamente extendidos			
		La entrada se realiza delante de los hombros con los codos altos y ligeramente flexionados			
	Los pulgares son los primeros que entran a la anchura de los hombros				
	Tracción	Al inicio las manos se dirigen hacia fuera y hacia bajo			
		Los codos se mantienen más altos que las manos			
		Flexión de los codos 90°			
		Al final las manos se dirigen hacia atrás-afuera (hacia las caderas)			
	Recobro	Los brazos se encuentran relajados			
		Las manos salen del agua cerca de las caderas			
	Movimiento de Piernas	El movimiento parte de las caderas			
Pequeña flexión de rodillas					
Tobillos extendidos y relajados					
Piernas juntas con movimientos simétricos					
Coordinación de estilo	El primer batido se realiza durante la entrada de las manos en el agua				
	El segundo batido se realiza durante el empuje				
	La cabeza sale antes que los brazos				
	La cabeza entra antes que los brazos				
	Una respiración, dos brazadas y cuatro patadas				

**ANEXO IV: HOJAS DE VALIDACIÓN DEL TEST DE  
NATACIÓN 25 METROS ESTILO MARIPOSA**

Observaciones: - Registrar el tiempo de la prueba  
- Registrar la distancia a unas 25 mt. o 15 mt.  
- Usar equipo tecnologico para la observación  
Efectivo y Pensado de lo ~~Verificado~~ de la Biomecanica  
de la tecnica  
- Si es un test. debe de tener una tabla  
de Comparación de Resultados

Nombre del evaluador: Lic Edwin Aguino

Profesión: ENTRENADOR

Firma o sello: 

Observaciones:

Porque? no eliges el  
estilo mas comodo. Fibr - Dado.

\* Seria mejor distancia que tiempo.  
ej: 50mts, 25mts, 15mts.  
poco a poco.

Nombre del evaluador:

Adrián Rodríguez

Profesión:

Entrenador.

Firma o sello:



objetivo de este test es evaluar la técnica que el nadador ejecuta cuando nada en el estilo mariposa. Este test también es muy útil para identificar cual es la distancia que un nadador es capaz de realizar durante este periodo de tiempo.

### Protocolo para la realización del test de natación D-3 estilo mariposa

- Nadar en el estilo mariposa la máxima distancia que le sea posible durante un periodo de 3 minutos. *(es de máxima tiempo para evaluar técnica en 50mts, o 25 se puede en 100)*
- Se deberá contar las vueltas que el nadador realiza. *(no se necesitan vueltas)*
- el nadador deberá concluir la prueba tras haber escuchado la señal de finalización.

Se deberá contar en el primer y último minuto el ciclo de brazada.

Elementos que se deberán registrar:

- ▶ Número de metros nadados
- ▶ Tiempo de nado transcurrido
- ▶ Ciclo de brazada en el primer y último minuto

### Tabla de registro

Fecha	FCI	Distancia nadada	Tiempo de nado	Ciclo de brazada en el primer y último minuto	FCF

En la tabla deben de ir aspectos especiales de la técnica, como brazada, patada, respiración etc. El test de natación D-3 estilo mariposa, también puede adaptarse a los diferentes estilos

*3 vueltas que 3 minutos*

*no se necesitan vueltas, si es necesario, evaluarlo, evaluarlo, evaluarlo*

*¿cómo van a evaluar la técnica?*

Observaciones:

---

---

---

---

---

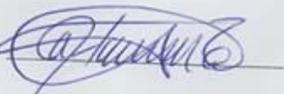
---

---

---

Nombre del evaluador: lic. Javier Hernan Tobar Tobar

Profesión: Licenciado

Firma o sello: 

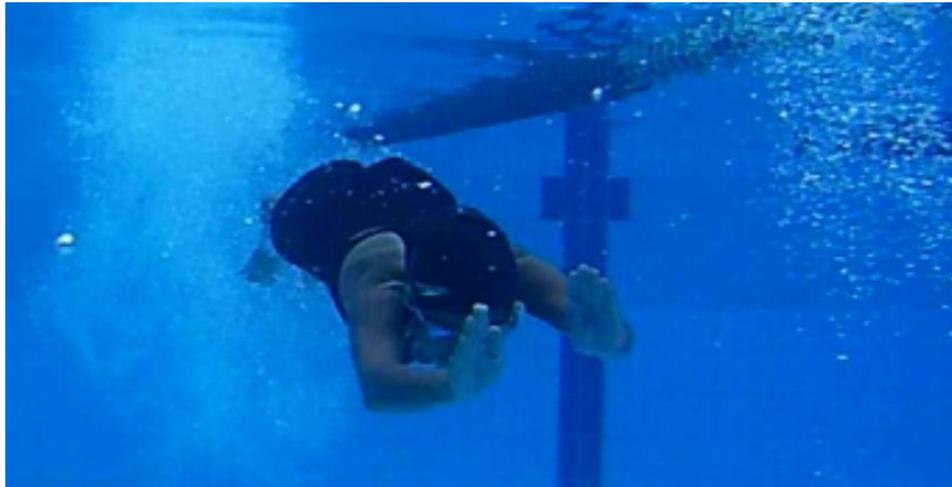
## **ANEXO V: IMÁGENES ANALIZADAS CON EL SOFTWARE KINOVEA**



### **ASPECTO REQUERIDO:**

#### **POSICION HORIZONTAL**

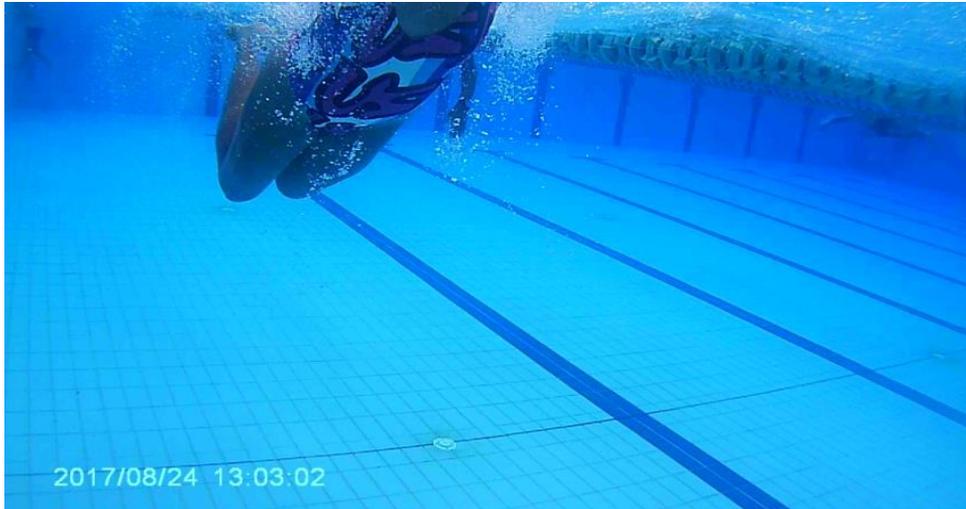
**Nadadora ejecuta con una excelente posición horizontal durante su desplazamiento**



### **ASPECTO REQUERIDO:**

#### **MOVIMIENTO ONDULATORIO**

**Nadadora con un excelente movimiento ondulatorio de cadera**



**ASPECTO REQUERIDO:**

**MOVIMIENTO ONDULATORIO**

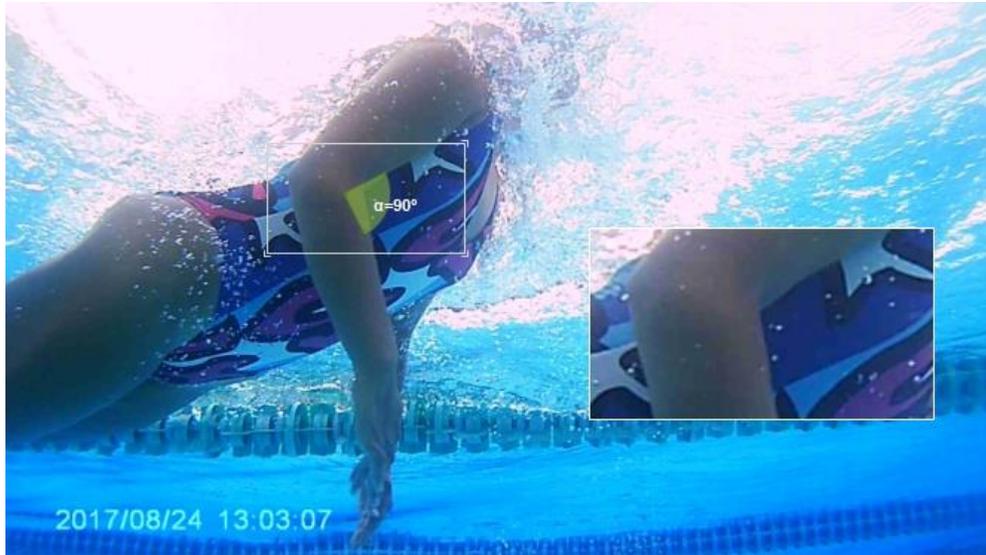
**Nadadora ejecuta un mal movimiento ondulatorio, no logra mantener las piernas lo suficientemente superficial para realizar adecuadamente este movimiento, tiende a mantenerlas muy profundas**



**ASPECTO REQUERIDO:**

**BRAZOS COMPLETAMENTE EXTENDIDOS**

**Nadadora extendiendo los brazos completamente mientras estos realizan la entrada hacia el agua**



**ASPECTO REQUERIDO:**

**CODOS A 90° DURANTE LA TRACCIÓN**

**Nadadora realiza correctamente la colocacion de los codos y las manos para iniciar con la tracción**



**ASPECTO REQUERIDO:**

**DURANTE EL RECOBRO LAS MANOS SALEN DEL AGUA CERCA DE LA CADERA**

**Nadadora separa excesivamente su mano izquierda de la cadera, siendo lo correcto que las lleve cerca de la cadera cuando salen del agua durante la fase de recobro**

## **ANEXO VI: FOTOGRAFÍAS DEL ESCENARIO**

### **APLICACIÓN DE LA ENCUESTA AL DEL INSTITUTO NACIONAL “GENERAL FRANCISCO MENÉNDEZ”**



**Equipo investigador entrevistando al entrenador de la Selección de Natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”**



**Equipo investigador entrevistando al entrenador de la Selección de Natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”**



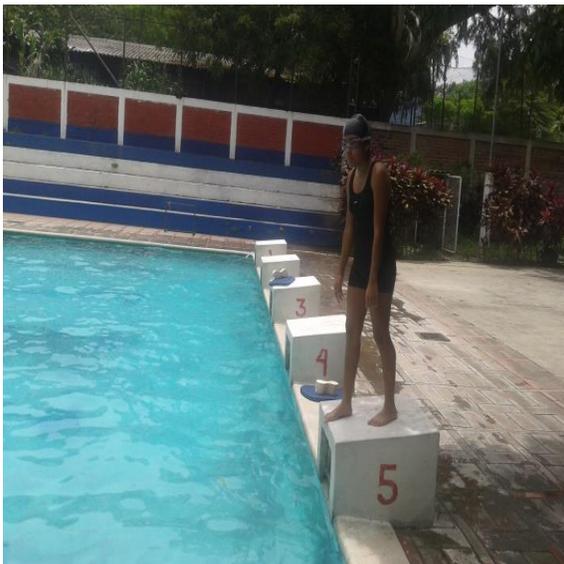
**Equipo investigador preparando equipo y materiales para desarrollar el Test de Natación 25 metros estilo Mariposa**



**Entrenador y Atletas de la Selección de Natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, apoyando en la ejecución del Test**



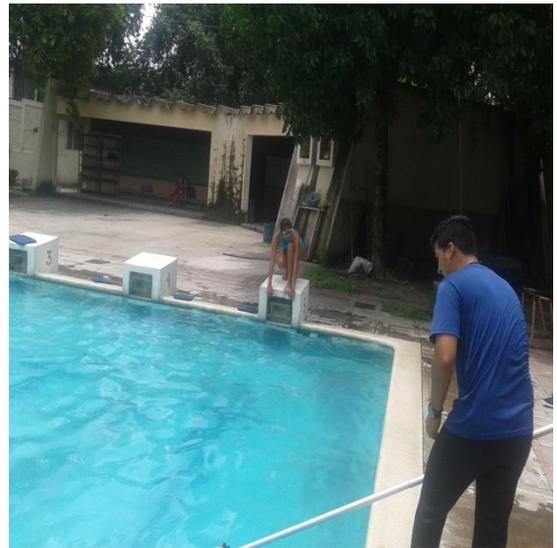
**Atletas de la Selección de Natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, tomándose la Frecuencia Cardíaca Inicial como parte del desarrollo del Test**



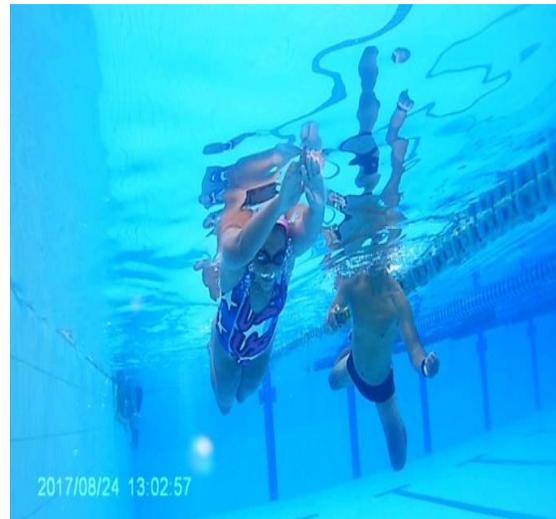
**Atletas en salida para ejecutar el Test de Natación correspondiente**



**Equipo investigador filmando video del Test de Natación 25 metros estilo Mariposa**



**Equipo investigador filmando video del Test de Natación 25 metros estilo Mariposa**



**Atletas de la Selección de Natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, realizando el Test de Natación 25 metros estilo Mariposa**



**Atletas de la Selección de Natación del Instituto Nacional “General Francisco Menéndez”, tomándose la Frecuencia Cardíaca Final como parte del desarrollo del Test**



## ANEXO VIII: MAPA DEL ESCENARIO

