

BIOMECANICA DE LA ARTICULACION DE LA RODILLA, EN LA ACCIÓN  
DEL PEDALEO, DURANTE EL DESPLAZAMIENTO EN TERRENO  
LLANO EN EL CICLISMO DE RUTA, DE LOS INTEGRANTES DE LA  
SELECCIÓN CAUCANA DE CICLISMO SENIOR MASTER, EN EL AÑO  
2009

AUTORES:

EFRAIN ALIRIO ROJAS  
JUAN GABRIEL MENESES  
JAVIER ALFONSO ARCOS

DIRECTORA:

NANCY JANETH MOLANO TOBAR

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN.  
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA, RECREACIÓN Y DEPORTE.  
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ENFASIS EN EDUCACIÓN  
FÍSICA, RECREACIÓN Y DEPORTE.  
POPAYÁN 2010

BIOMECANICA DE LA ARTICULACION DE LA RODILLA, EN LA ACCIÓN DEL  
PEDALEO, DURANTE EL DESPLAZAMIENTO EN TERRENO LLANO EN EL  
CICLISMO DE RUTA, DE LOS INTEGRANTES DE LA SELECCIÓN CAUCANA  
DE CICLISMO SENIOR MASTER, EN EL AÑO 2009

EFRAIN ALIRIO ROJAS GALVIS  
JUAN GABRIEL MENESES MAMIÁN

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DIRECTORA:  
Mg. NANCY JANETH MOLANO TOBAR

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN.  
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN FÍSICA, RECREACIÓN Y DEPORTE.  
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ENFASIS EN EDUCACIÓN  
FÍSICA, RECREACIÓN Y DEPORTE.  
POPAYÁN 2010

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

Director: \_\_\_\_\_

Jurado: \_\_\_\_\_

Jurado: \_\_\_\_\_

Fecha de sustentación: Popayán 15 de julio de 2010

## DEDICATORIA

A mi familia y a todas las personas que me han  
acompañado en mi proceso de formación.

Efraín A Rojas G.

A Dios por permitirme llegar a este momento  
crucial en mi vida, a mis padres y hermanos  
por el apoyo incondicional, a mi familia por  
brindarme la fortaleza en este proceso.

Juan Meneses

## AGRADECIMIENTOS

A nuestra directora Mg. Nancy Janeth Molano Tobar, a los jurados de este trabajo de investigación, a los ciclistas que conformaron la selección caucana de ciclismo Senior Master, a Javier Alfonso Arcos por haber colaborado en la realización de esta investigación y a nuestras familias y todas las personas que nos ayudaron en la ejecución del proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	4
<b>LISTA DE GRAFICAS</b> .....	5
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	6
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	7
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	9
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	10
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	11
3.1. GENERAL .....	11
3.2. ESPECÍFICOS .....	11
<b>4. MARCO TEORICO</b> .....	12
4.1. SALUD .....	12
4.1.1. Salud y niveles de atención .....	12
4.1.2. Prevención y promoción de la salud .....	13
4.2. DEPORTE.....	13
4.2.1. Clasificación del deporte .....	14
4.3. SALUD Y DEPORTE .....	14
4.4. CICLISMO Y SUS MODALIDADES.....	15
4.4.1. Bicicleta.....	16
4.4.2. Pedaleo.....	18
4.5. BIOMECANICA.....	21
4.5.1. Cadera .....	22
4.5.2. Rodilla.....	23
<b>5. METODOLOGÍA</b> .....	26
<b>6. HIPOTESIS</b> .....	27
<b>7. VARIABLES</b> .....	28
7.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	28
7.2. VARIABLES DEPENDIENTES .....	28
7.3. VARIABLES INTERVINIENTES .....	28
<b>8. ANALISIS DE RESULTADOS</b> .....	29

<b>9. DISCUSION</b> .....	37
<b>10.CONCLUSIONES</b> .....	42
<b>11.RECOMENDACIONES</b> .....	43
<b>12.BIBLIOGRAFIA</b> .....	44
<b>13.ANEXOS</b> .....	47

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Longitud de biela a utilizar según la longitud del perineo a suelo.....	17
Tabla 2. Peso y talla máxima, mínima, media y desviación.....	29
Tabla 3. Tabla 3. Arcos de movilidad articular en grados de extensión en las fases 1 a 4 y flexión de rodilla en las fases 4 a 1, máximos, mínimos, media y desviación en las 6 fases del pedaleo en vista lateral.....	31
Tabla 4. Arcos de movilidad articular en grados de desviación de la rodilla en su trayectoria, en vista anterior, máximos, mínimos, media y desviación en las 6 fases del pedaleo en vista anterior. ....	35
Tabla 5. Posición de la rodilla respecto al eje del pedal, con pedales y bielas paralelos al suelo .....	36

## LISTA DE GRAFICAS

Grafico 1. Relación entre la longitud del perineo hasta el suelo, la altura del sillín teórica y la utilizada por cada ciclista .....	30
Grafico 2. Relación entre cada uno de los ciclistas evaluados, ángulos en grados de extensión de rodilla en las fases 1 a 4 y flexión en las fases 4 a 1 y la altura del sillín, en vista lateral .....	32
Grafico 3. Relación entre ángulos en grados de extensión rodilla en las fases 1 a 4 y flexión de en las fases 4 a 1 y la longitud de la biela de cada uno de los ciclistas evaluados, en vista lateral .....	33
Grafico 4. Arcos de movilidad articular en grados de desviación de la rodilla en su trayectoria, en vista anterior. ....	34

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sillín.....	18
Figura 2. Fase 1 .....	18
Figura 3. Fase 2 .....	19
Figura 4. Fase 3 .....	20
Figura 5. Fase 4 .....	20
Figura 6. Fase 5 .....	21
Figura 7. Fase 6 .....	21

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexos A. Consentimiento informado de cada ciclista evaluado

Anexos B. Datos de cada ciclista evaluado

## INTRODUCCIÓN

Durante la práctica de una modalidad deportiva existe la posibilidad de adquirir lesiones osteomusculares por diferentes causas como la sobrecarga a una estructura anatómica o del mismo entrenamiento, la mala ejecución de gestos técnicos, entre otras. Todo lo anterior puede desencadenar una serie de consecuencias que afecten directamente a quienes practican el deporte, pues la adquisición de una lesión no solamente podría impedir la continuidad de la practica deportiva, sino que también podría ocasionar algunos inconvenientes en la realización de actividades extradeportivas como también las actividades básicas cotidianas. De esta manera se presenta, a través de este proyecto, una mirada del ciclismo, desde el deporte, la salud y la biomecánica, en el cual se realizó un análisis biomecánico de la articulación de la rodilla en la acción del pedaleo, durante el desplazamiento en terreno llano en el ciclismo de ruta, de 10 de los 32 integrantes de la selección caucana de ciclismo Senior Master, en el año 2009 y de este modo se pudo caracterizar y establecer cuales son sus movimientos, posibles alteraciones, determinar sus arcos de movimiento, como también identificar cuales son los factores de riesgo que generen una lesión deportiva.

## 1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la ciudad de Popayán se puede notar que el ciclismo ha despertado un gran interés en muchas personas, sobre todo en los hombres adultos, ya que con frecuencia se puede observar en las carreteras la presencia de una población de ciclistas, los cuales pertenecen a diversos clubes que están inscritos dentro de la categoría Senior Master y que su práctica es realizada, en algunos casos, con una visión competitiva, como es el caso de los que han sido miembros de la selección caucana de ciclismo Senior Master en el año 2009. También se puede observar, que no existe un personal que se dedique a realizar una intervención en la población que los pueda orientar hacia una práctica deportiva con un menor riesgo de adquirir lesiones deportivas.

Por otra parte, es probable que muchos de estos ciclistas hayan iniciado la práctica del ciclismo en una edad avanzada y no hayan recibido instrucción, preferiblemente por una escuela de ciclismo y que probablemente para algunos de estos deportistas este hecho no les permite adoptar un gesto deportivo apropiado a causa de posibles alteraciones que puedan existir en la posición del ciclista y los arcos de movimiento de la articulación de la rodilla durante la acción del pedaleo, como también es necesario tener en cuenta que a medida que se avanza en edad, las articulaciones van presentando cierto desgaste en sus segmentos debido al continuo uso de ellos, de tal manera que estos dos aspectos podrían aumentar los riesgos de lesión en la articulación de la rodilla, de ser así podría disminuir el rendimiento deportivo en los ciclistas, como también podría imposibilitar la continuidad dentro de la práctica del ciclismo durante algún tiempo o en casos extremos de manera definitiva.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto surge el siguiente interrogante:

¿Cuáles son las características de la biomecánica de la articulación de la rodilla en la acción del pedaleo, durante el desplazamiento en terreno llano en el ciclismo de ruta, de los integrantes de la selección caucana de ciclismo Senior Master, en el año 2009?

## 2. JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta lo expuesto en el planteamiento y la formulación del problema, se puede decir que el presente trabajo de investigación fue pertinente ya que se caracterizó la biomecánica de la rodilla con el fin de analizar las alteraciones en la acción del pedaleo, en el desplazamiento en terreno llano, en el ciclismo de ruta y de esta manera poder dar paso a una futura intervención en la población, para corregir aquellas incorrecciones técnicas del gesto deportivo y así optimizar el rendimiento deportivo y disminuir los riesgos de adquirir posibles lesiones a nivel de la articulación de la rodilla en los miembros de la selección caucana de ciclismo Senior Master en el año 2009, quienes manifestaron su disponibilidad para el desarrollo de la investigación.

Ahora bien, teniendo en cuenta las investigaciones realizadas en biomecánica en la ciudad de Popayán, se encuentra que este aspecto, se han llevado a cabo en otros deportes diferentes al ciclismo, por otra parte, las intervenciones realizadas a la población de los ciclistas caucanos está más relacionadas con el entrenamiento deportivo y no precisamente desde la biomecánica del gesto deportivo para conseguir un mejor rendimiento o prevenir los riesgos de adquirir una lesión en la articulación.

Se puede considerar la trascendencia del trabajo, desde el aporte que dio el trabajo a la población, en relación con el beneficio o la contribución encaminada hacia la práctica deportiva saludable, puesto que a partir de la caracterización de la biomecánica de la rodilla en el gesto deportivo se pueda dar a conocer a los ciclistas, cuales pueden ser las posibles alteraciones que se presentan durante la acción del pedaleo, que puedan estar implicados en los riesgos de adquirir una lesión, es decir que se intenta contribuir en los deportistas de manera que puedan continuar la práctica del ciclismo gozando de buena salud, como también se dice que puede abrirse una puerta a futuro, para una nueva investigación con esta población y en si para quienes desarrollaron esta investigación, en el campo profesional.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL:**

- Caracterizar la biomecánica de la articulación de la rodilla e identificar posibles factores biomecánicos que puedan predisponer a la aparición de una lesión deportiva a causa de la acción del pedaleo, durante el desplazamiento en terreno llano en el ciclismo de ruta, de los integrantes de la selección caucana de ciclismo Senior Master, en el año 2009

#### **3.2 ESPECÍFICOS:**

- Analizar la biomecánica de la articulación de la rodilla en la acción del pedaleo, durante el desplazamiento en terreno llano en el ciclismo de ruta, de los integrantes de la selección caucana de ciclismo Senior Master, en el año 2009.
- Establecer los movimientos y posibles alteraciones, existentes en la articulación de la rodilla en la acción del pedaleo, durante el desplazamiento en terreno llano en el ciclismo de ruta.
- Determinar los arcos de movimiento de la articulación de la rodilla en la acción del pedaleo, durante el desplazamiento en terreno llano en el ciclismo de ruta.
- Identificar los posibles factores biomecánicos que puedan predisponer a la aparición de una lesión deportiva en la articulación de la rodilla en la acción del pedaleo, durante el desplazamiento en terreno llano en el ciclismo de ruta.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 Salud:

Para abordar este tema se deben tener claras algunas definiciones que puedan acercar un poco al sentido de este título; en primer lugar se hablara de la salud como:

*Un recurso para la vida cotidiana, no el objetivo de la vida en sí. Un concepto positivo que hace hincapié en los recursos personales, sociales y culturales además de las capacidades físicas, no siendo la salud un estado abstracto, sino un medio para un fin que puede ser expresado de manera funcional como un recurso que permite a las personas llevar una vida individualmente, socialmente y económicamente productiva. (OMS, 1986. Citado por Rapaport, J. 2006)*

De este modo se ha considerado este concepto como el estado en el que los seres humanos ejercen normalmente sus funciones y que les da la posibilidad de realizar diferentes actividades básicas cotidianas sin ningún tipo de impedimento.

#### 4.1.1 Salud y niveles de atención:

Según el artículo 20. Responsabilidades por niveles de complejidad, de la resolución No. 5261 de 1994, expedida por el Ministerio de la Salud de la República de Colombia, aparecen cuatro niveles, los dos primeros responsabilidad directa del estado colombiano, donde se cuenta con médicos generales, auxiliares y algunos profesionales como odontólogos y los niveles III y IV son correspondientes a las actividades, intervenciones y procedimientos y no a las instituciones, ya en estas actividades hay una mayor atención compleja, ya que contienen especialistas para ello.

#### **4.1.2 Prevención y promoción de la salud:**

Según el artículo 53 de la resolución No. 5261 de 1994, expedida por el Ministerio de la salud de la República de Colombia:

*Se clasifican como actividades de promoción y fomento de la salud, aquellos procedimientos, intervenciones y guías de atención de carácter educativo o informativo, individual o colectivas, intra y extramurales, tendientes a crear o reforzar conductas y estilos de vida saludables, y a modificar o suprimir aquellos que no lo sean; a informar sobre riesgos, factores protectores, enfermedades, servicios de salud, derechos y deberes de los ciudadanos en salud, como también a proveer y estimular y concretar la participación social en el manejo y solución de sus problemas de salud.*

Como también se ve:

«La prevención de la enfermedad como una estrategia de la Atención Primaria, que se hace efectiva en la atención integral de las personas»

(Redondo P, 2004: 7)

Por otra parte, es necesario tener en cuenta un aspecto importante como lo es la salud comunitaria, definida en el artículo “Salud comunitaria en Los Altos de Chiapas, México”, publicado en la revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, como «un modelo de atención en el que participa la población, con el propósito de resolver las necesidades de salud de su comunidad». (Olvera CR, Rodríguez FS, Pérez GLE, Eibenschutz C, Villalba CJ, 2000: 28-31)

#### **4.2 Deporte**

Según el artículo 15 de la ley 181 de 1995, expedida por Coldeportes Nacional, define:

*El deporte en general como la específica conducta humana caracterizada por una actitud lúdica y de afán competitivo de comprobación o desafío, expresada mediante el ejercicio corporal y mental, dentro de disciplinas y normas preestablecidas orientadas a generar valores morales, cívicos y sociales.*

#### **4.2.1 Clasificación del deporte**

Según el artículo 16 de la ley 181 de 1995, expedida por Coldeportes Nacional, el deporte se clasifica de la siguiente manera:

Deporte formativo, competitivo, asociado, social comunitario, universitario, profesional, de alto rendimiento y aficionado.

En el caso particular del ciclismo Senior Master se puede decir que es asociado, porque es desarrollado por un conjunto de entidades de carácter privado organizadas jerárquicamente con el fin de desarrollar actividades y programas de deporte competitivo de orden municipal, departamental, nacional e internacional que tienen como objeto el alto rendimiento de los deportistas afiliados a ellas; competitivo porque cuyo objetivo primordial es lograr un nivel técnico calificado para participar en un conjunto de certámenes, eventos y torneos y es aficionado, porque que no admite pago o indemnización alguno a favor de los competidores distinto del monto de los gastos efectivos ocasionados durante el ejercicio de la actividad deportiva correspondiente.

#### **4.3 Salud y Deporte**

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se ha pensado que se puede realizar algún tipo de seguimiento en del diario vivir y en algunas actividades que generen riesgos en nuestra salud, para así optar por un bienestar físico, mental y social. De esta manera se ha querido hacer un acercamiento a lo que se puede referir del deporte como una de las actividades que puede ocasionar riesgos a la salud, ya que en la práctica deportiva se presentan múltiples situaciones que pueden afectar directamente tanto lo físico, lo mental y lo social de quien practique el deporte.

También es necesario decir que la práctica de alguna modalidad deportiva de manera constante, moderada, llevando una correcta planificación tiene diversos efectos benéficos en el organismo, como el favorecimiento en el sistema cardiovascular y sistema respiratorio entre otros, por tanto se ha querido dejar claro que el deporte tiene diversos beneficios en quien lo practica pero que existen diversos factores como el sobre entrenamiento, la inadecuada planificación o la incorrecta ejecución en el gesto deportivo, entre otras, que pueden generar algunos riesgos de adquirir cierto tipo de lesión y así afectar significativamente la salud del deportista.

Se ha hablado de salud y deporte, ya que en este trabajo es conveniente que estas dos áreas estén relacionadas entre sí, para establecer complementariedad, no solamente desde sus definiciones, si no desde todo lo que pueda aportar cada una de ellas sin pensar en separarlas, ya que este estudio se realizó en el punto que estas dos aéreas se entrelazan para generar beneficios en los deportistas con quienes se desarrolló el trabajo de investigación.

En la actualidad se ha observado que la salud tiene relación significativa con el deporte y viceversa, puesto que la práctica deportiva conlleva a mejorar una condición de vida y que cada modalidad deportiva requiere de una preparación física, mental y social específica, para mantener una buena salud en los deportistas y así posibilitarles las condiciones necesarias y suficientes para un buen desempeño en su práctica deportiva.

#### **4.4 Ciclismo y sus modalidades:**

Antes de hablar de las modalidades que integran el ciclismo, es necesario aclarar que para este grupo de investigación, el ciclismo se entiende como un deporte que se integra por diferentes modalidades que se realizan en bicicleta con el fin de recorrer una distancia establecida en un tiempo determinado.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto y según Algarra J.L y Gorrotxategi A. (1996), clasifican el ciclismo en diferentes modalidades de acuerdo a los escenarios en los que se puede realizar la práctica de este:

Ciclismo en pista, de predominancia en medio natural y en ruta. Esta última modalidad del ciclismo está integrada por pruebas como:

Carreras contra reloj (individual y por equipos), sin adversarios directos nada más que las propias referencias o las de su equipo, tratando de realizar el menor tiempo durante un recorrido determinado.

Carreras por etapas, disputadas durante dos o más días y donde se confecciona la clasificación individual con la suma de tiempo de todas y cada una de las etapas.

Carreras de un día, disputadas entre dos lugares distintos o bien en circuitos.

#### **4.4.1 Bicicleta**

Es importante aclarar que el uso de la bicicleta estará mediada por diversos factores como la modalidad del ciclismo que se practique, pues la bicicleta que se usará en cada una de estas modalidades, deberá estar acorde a los escenarios y las mismas necesidades que dichos espacios generen para brindar una forma más segura de realizar la práctica deportiva.

Según Michel A. (1995) para el caso de las pruebas por etapas o de un día, se utiliza la bicicleta de competición en carretera, la cual esta conformada por diferentes partes, pero que para esta investigación se tiene en cuenta:

El cuadro: Estructura sobre la cual se fijan las demás partes de la bicicleta.

El sillín: Uno de los tres puntos de apoyo del ciclista, sostenido por la tija, la cual se inserta en el tubo vertical del cuadro. Es importante tener en cuenta que altura se debe tener desde el eje del Pedalier a la base superior del sillín, según la revista electrónica uniónbike, se determina a través de la formula:

Altura del sillín= 0.885 x Longitud del perineo al suelo.

**Pedalier:** Se inserta a través de un eje en la caja del Pedalier, esta compuesto por dos bielas, derecha e izquierda, las cuales sostienen los pedales en el extremo, se tiene en cuenta que la biela derecha esta diseñada para retener los platos.

Para la elección de la biela a utilizar, según la revista electrónica biolaster, se debe tener en cuenta la longitud del perineo al suelo, véase tabla 1.

**Tabla 1. Longitud de biela a utilizar según la longitud del perineo a suelo**

<b>Perineo</b>	<b>Longitud Biela</b>
Menos de 73,5 cm	165 mm
Entre 73,5 y 81,5 cm	170 mm
Entre 81,5 y 86,5 cm	172,5 mm
Más de 86,5 cm	175 mm

De esta manera, cada bicicleta será diferente para cada deportista, pues tal elemento estará en función del ciclista, es decir que deberá tener unas medidas que correspondan a las necesidades de cada ciclista de acuerdo a su talla.

Por tanto, la bicicleta tiene unas especificaciones muy determinantes, para la práctica del ciclismo independientemente de cuál sea la modalidad en la que se especialice el deportista, ya que de estas especificaciones depende la seguridad del ciclista y el buen desempeño de la práctica deportiva.

De acuerdo a lo anterior, en esta investigación se tendrá en cuenta el adelanto o retraso sillín como también la altura de este en la bicicleta.

De esta manera, según Pérez J. (1988), una buena ubicación del sillín se presentará cuando el ciclista en su bicicleta tenga los pedales y bielas paralelos al suelo y en ese momento la rodilla del miembro inferior adelantado coincide y se encuentra alineado perpendicularmente con el eje del pedal. Véase figura 1

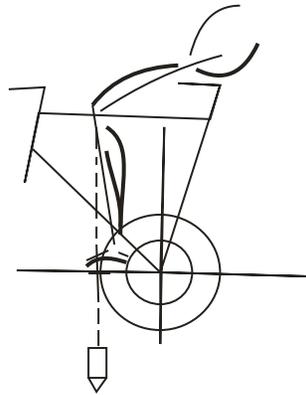


Figura 1. Ubicación del sillín

#### 4.4.2 Pedaleo

El cuerpo humano posee un sistema locomotor que le permite la generación de movimiento, por tanto este le da a los deportistas la posibilidad de pedalear en la bicicleta, para así poder desplazarse en la carretera y que en dicho movimiento se ven involucrados diferentes grupos musculares, segmentos óseos y diferentes articulaciones.

Con base a lo anteriormente dicho, según Pérez J. (1988), el pedaleo se divide en 6 fases, las cuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

Fase 1: Se presenta cuando el pedal se encuentra en el punto superior del ciclo del pedaleo, en el cual se inicia un movimiento de avance y descenso. Figura 2.

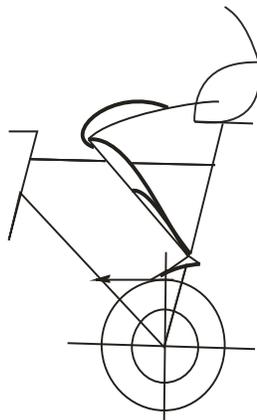


Figura 2. Fase 1

Los músculos que van a propiciar este movimiento intentando desplazar el pedal en la posición indicada son:

Flexores del hallux y arco plantar: Responsables de una mayor adherencia del pie al pedal.

Soleo y Gemelos: Regulan la posición de la fuerza o empuje del pie y por siguiente del pedal.

Vasto lateral y medial: Extiende la pierna, empujando el pedal hacia delante.

Fase 2: Yendo desde el punto mostrado en la figura 3, se puede observar que sigue actuando el mismo grupo muscular, con ayuda del glúteo mayor, medio y menor, notándose el aumento de la intensidad de las contracciones, siendo esta la fase con mayor acción propulsora del ciclo del pedaleo.

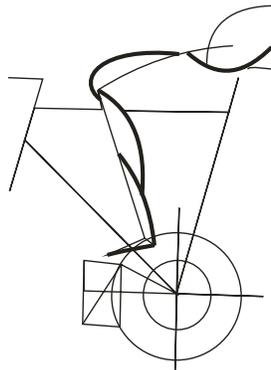


Figura 3. Fase 2

Fase 3 y 4: estas fases se presentan como se muestra en la figura 4, hasta cuando el pedal se encuentra desplazado a 180° de su ubicación en la fase 1. Véase figura 5.

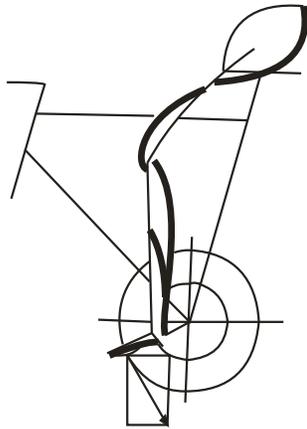


Figura 4. Fase 3

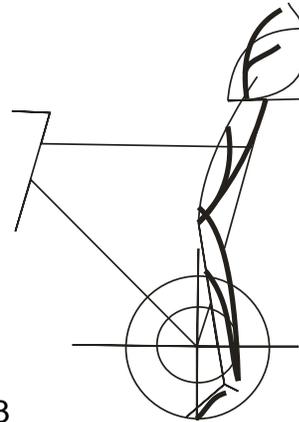


Figura 5. Fase 4

Los músculos que intervienen son:

Flexores del hallux y arco plantar.

Extensores del pie y pierna: Mueven el pie hacia abajo, casi verticalmente, y después hacia atrás.

Flexores de la pierna: (Sartorio, poplíteo, bíceps crural corto), estos empujan el pie hacia atrás y arriba.

Recto anterior y el iliopsoas, quienes crean las condiciones necesarias para la elevación del pedal, debido a que estos realizan la flexión de cadera.

Fase 5: La acción mostrada en la figura 6, será facilitada por:

Flexores dorsales del pie (Tibial anterior, flexor largo de los dedos y flexor largo del hallux): cuya acción lleva al pie casi a la horizontal.

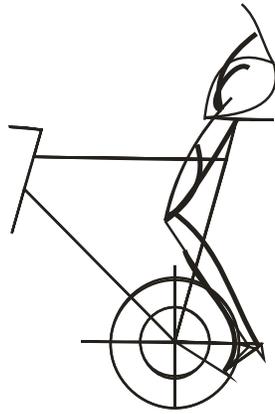


Figura 6. Fase 5

Fase 6: El pedaleo está completando el ciclo, yendo de nuevo al mismo punto donde inicia la primera fase, su desplazamiento casi horizontal se debe a la continuación de los siguientes músculos. Véase figura 7.

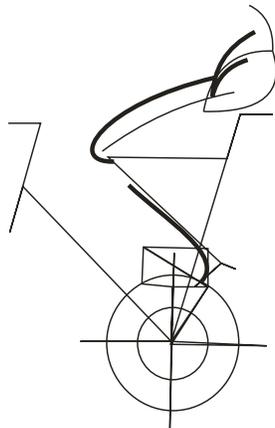


Figura 7. Fase 6

Iliopsoas: Continúa durante un poco de tiempo más para flexionar la cadera.

Tibial anterior y flexores del hallux: Actúan sobre el pedal como en la fase 5.

#### 4.5 Biomecánica

Se entiende la biomecánica como «la aplicación de las leyes mecánicas a las estructuras vivas, especialmente al aparato locomotor del cuerpo humano» (Dorland's Illustrated Medical Dictionary. 1965; citado por Ramón G). La biomecánica brinda la posibilidad de analizar las diferentes acciones y movimientos, en cuanto a la posición y proyección de los diferentes segmentos

óseos, músculos, ubicación de las articulaciones. «Si se considera el aparato locomotor como el órgano del cuerpo humano encargado de producir movimiento, está claro que debe ser estudiado desde un punto de vista mecánico, refiriéndose a esa rama de la física que estudia el movimiento» (Fucci, Benigni, Fornasari, 1988: 9)

De la misma manera, la biomecánica servirá para estudiar el sistema osteo-articular y muscular como estructuras mecánicas sometidas a movimientos y fuerzas para poder encontrar las causas que puedan producir lesiones durante el gesto deportivo del ciclismo. «De esta forma podemos equiparar cada elemento anatómico a un componente mecánico responsable de un cometido preciso en el desarrollo del movimiento» (Fucci, Benigni, Fornasari, 1988: 9)

La biomecánica ofrece la posibilidad de realizar un análisis completo de todos los momentos en los que la articulación de la rodilla, pudiera verse afectada y ser susceptible a algún tipo de lesión. Esta es una articulación que requiere de diversos segmentos óseos para formar la articulación y así facilitar el movimiento de flexo extensión de la pierna y en la cual encontramos otras estructuras que ayudan a protegerla como las bursas, que ayudan a disminuir la fricción para que no se produzca un desgaste en las superficies óseas que tiene nuestro cuerpo, en el momento ejecutar los diferentes tipos de movimientos.

*Este tema tiene especial importancia en el estudio de las articulaciones, pues el movimiento se realiza en función de las rodaduras y deslizamiento recíproco de las superficies articulares. Por lo tanto es necesario reducir al mínimo el rozamiento para evitar un precoz desgaste, aumento de calor y dispersión de la energía. (Fucci, Benigni, Fornasari, 1988: 74).*

#### **4.5.1. Cadera**

Esta se compone de tres articulaciones: la articulación sacroilíaca, la sínfisis púbica y la articulación de la cadera o articulación coxofemoral. Según (Daza J, 1996: 149), esta última:

*Tiene por lo tanto a su cargo los movimientos de la cadera, es una enartrosis como la articulación del hombro, aunque posee una menor amplitud de movimiento y goza de mayor estabilidad. Esta formada por la cabeza del fémur y el acetábulo o cavidad cotiloidea situada en la cara externa del hueso coxal.*

En esta investigación se hace especial referencia a esta articulación, puesto que una posible desviación de la articulación de la rodilla en su trayectoria, puede generarse debido a los movimientos que se produzcan en la cadera. De esta manera se dice, que dicha articulación tiene tres grados de movimiento activo: La flexo-extensión, abducción-aducción y rotación externa e interna. Se debe tener en cuenta, según Daza J (1996), que en la cadera la flexión se manifiesta de los 0° hasta los 125° cuando la persona está en decúbito dorsal, mientras que estando en decúbito prono, la extensión se dará de los 0° a 15°. De la misma manera, la abducción se da desde los 0° a los 45°, mientras que la aducción, que es un movimiento del muslo hacia adentro partiendo de una posición neutra cruzando la línea media, se da desde los 0° hasta los 30°, teniendo como referencia que el eje se encuentra por debajo la espina iliaca anterosuperior, la barra fija es la paralela a la línea imaginaria que une a las dos espina iliacas anterosuperiores y la barra móvil es una paralela a la línea media del muslo. Por último, la rotación externa se manifestara a través de un movimiento del fémur hacia fuera desde los 0° a 45°, mientras que la rotación interna manifestada a través del movimiento del fémur hacia adentro igualmente entre 0° a 45°, donde el eje estará centrado en la articulación de la rodilla; cuando el sujeto se encuentre sentado con flexión de caderas y rodillas de 90°, la barra fija será perpendicular al piso y la barra móvil será una paralela a la línea media del muslo.

#### **4.5.2 Rodilla**

*La articulación de la rodilla es una de las más grande y compleja del cuerpo, localizada entre dos segmentos largos que actúan como*

*palanca: el fémur y la tibia; esto la hace mas vulnerable a lesiones traumáticas porque esta sujeta a máxima tensión y además no esta protegida por capas de grasa o musculo. (Daza. J, 1996: 181).*

De la misma manera, este autor dice que la articulación de la rodilla está conformada por dos articulaciones funcionales, la femorotibial y la femoropatelar y que además esta articulación presenta un movimiento de flexión que se da desde los 0° hasta los 140°, teniendo como referencia que el eje es la cara lateral de la articulación de la rodilla, la barra fija es paralela al eje longitudinal del muslo y la barra móvil es paralela al eje longitudinal de la pierna, como también se tiene en cuenta que los músculos que intervienen en dicho movimiento son el bíceps crural (porción larga), originado en la tuberosidad isquiática y el cual se inserta en la apófisis estiloides de la cabeza del peroné, bíceps crural (porción corta) originado el labio externo de la línea áspera del fémur y el cual se inserta en la tuberosidad externa de la tibia, semitendinoso originado en la tuberosidad isquiática y el cual se inserta en la cara anterointerna de la tibia en el extremo superior de la diáfisis continua al sartorio y el semimembranoso originado en la tuberosidad isquiática y el cual se inserta en la cara posterior de la tuberosidad interna de la tibia. En este movimiento actúan algunos músculos accesorios como el poplíteo, recto interno del muslo, sartorio plantar delgado y gemelos.

El otro movimiento que presenta la articulación de la rodilla es la extensión y que se da desde los 140° hasta los 0°, teniendo como referencia que el eje, la barra fija y barra móvil son los mismos de la flexión. Los músculos que intervienen en este movimiento son el cuádriceps crural, conformado por el recto anterior originado en la espina iliaca anteroinferior y el cual se inserta en la base de la rotula, vasto intermedio originado en la cara anterolateral en los dos tercios superiores de la diáfisis femoral y el cual se inserta en la base de la rotula, vasto medial originado en toda la longitud de la línea áspera en el labio medial y la línea supracondílea interna y el cual se inserta en el borde medial de la rotula, vasto lateral originado en la cara externa de la línea intertrocantérica y el cual se inserta

en el borde superior y lateral de la rotula, la inserción de estas cuatro porciones del cuádriceps conforman el tendón rotuliano, que se inserta en la tuberosidad anterior de la tibia. En este movimiento actúan algunos músculos accesorios como el tensor de la fascia lata.

La articulación de la rodilla desempeña un papel muy importante según Góngora, L. Rosales, C. Gonzáles, I. y Victoria, N. (2003)

*Su mecánica articular resulta muy compleja, pues por un lado ha de poseer una gran estabilidad en extensión completa para soportar el peso corporal sobre un área relativamente pequeña; pero al mismo tiempo debe estar dotada de la movilidad necesaria para la marcha y la carrera y para orientar eficazmente al pie en relación con las irregularidades del terreno.*

## 5. METODOLOGÍA

Para la realización del presente trabajo de investigación se tuvo en cuenta un enfoque cuantitativo, descriptivo de corte transversal, puesto que se caracterizó la biomecánica de la articulación de la rodilla en la acción del pedaleo, durante el desplazamiento en terreno llano en el ciclismo de ruta, de los integrantes de la selección caucana de ciclismo Senior Master, en el año 2009.

Se realizó una operacionalización de variables con el fin de describirlas y encontrar resultados que dieron respuesta al problema de esta investigación.

Para llevar a cabo el trabajo se hizo un análisis biomecánico con una muestra de 10 ciclistas, de una población de 32 integrantes de la selección caucana de ciclismo Senior Master, que representaron en los campeonatos nacionales de ciclismo Senior Master en el año 2009, a un universo denominado Asociación Caucana de Ciclismo Senior Master; los criterios de inclusión y exclusión para hacer parte de esta investigación fueron, que los ciclistas no tuvieran ningún tipo de lesión y que llevarán más de un año de actividad.

La técnica de recolección de datos utilizada en este estudio fue la observación, a través de un registro video gráfico, en el que se realizaron dos grabaciones de 2 minutos a cada ciclista evaluado, en vista lateral y anterior, durante la ejecución del pedaleo en su propia bicicleta. Posteriormente, la técnica de análisis de estos registros se realizó a través del software Quintic Sports, por último se interpretaron los resultados obtenidos, se hizo la respectiva discusión y conclusión.

## **6. HIPÓTESIS**

Los arcos de movimiento, en cada una de las 6 fases del pedaleo, son diferentes entre cada ciclista evaluado, debido a la configuración específica de su bicicleta.

La biomecánica de la articulación de la rodilla se altera en la acción del pedaleo, debido a la realización del gesto técnico de manera inadecuada, lo cual puede predisponer a un alto riesgo de lesión a nivel de esta articulación.

## **7. VARIABLES**

### **7.1 VARIABLES INDEPENDIENTES**

Se tiene como variable independiente la longitud del perineo al suelo, la cual se registró como la distancia que hay desde el perineo hasta el suelo, esta medida fue expresada en cm y tomada con un metro.

### **7.2 VARIABLES DEPENDIENTES**

Los movimientos de rodilla, vista lateral y anterior; fueron expresados en grados y encontrados a través del software Quintic Sport.

### **7.3 VARIABLES INTERVINIENTES**

La biela se determinó de acuerdo a una tabla estandarizada, de acuerdo a la longitud del perineo al suelo, el tamaño de esta se expresa en mm.

La altura del sillín es encontrada a través de una fórmula matemática y expresada en cm.

## 8. ANALISIS DE RESULTADOS

A través del siguiente análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación, se dará a conocer la interpretación de toda la información registrada, en cada una de las tablas y gráficos correspondientes a los datos máximos, mínimos, la media y la desviación típica del peso y talla de los ciclistas, la relación entre la longitud del perineo hasta el suelo, la altura del sillín teórica y la utilizada por cada ciclista, arcos de movilidad articular en grados de extensión y flexión en vista lateral, como también los grados de desviación en la trayectoria de la rodilla durante las 6 fases del pedaleo en vista anterior, finalizando con la Posición de la rodilla respecto al eje del pedal, con pedales y bielas paralelos al suelo.

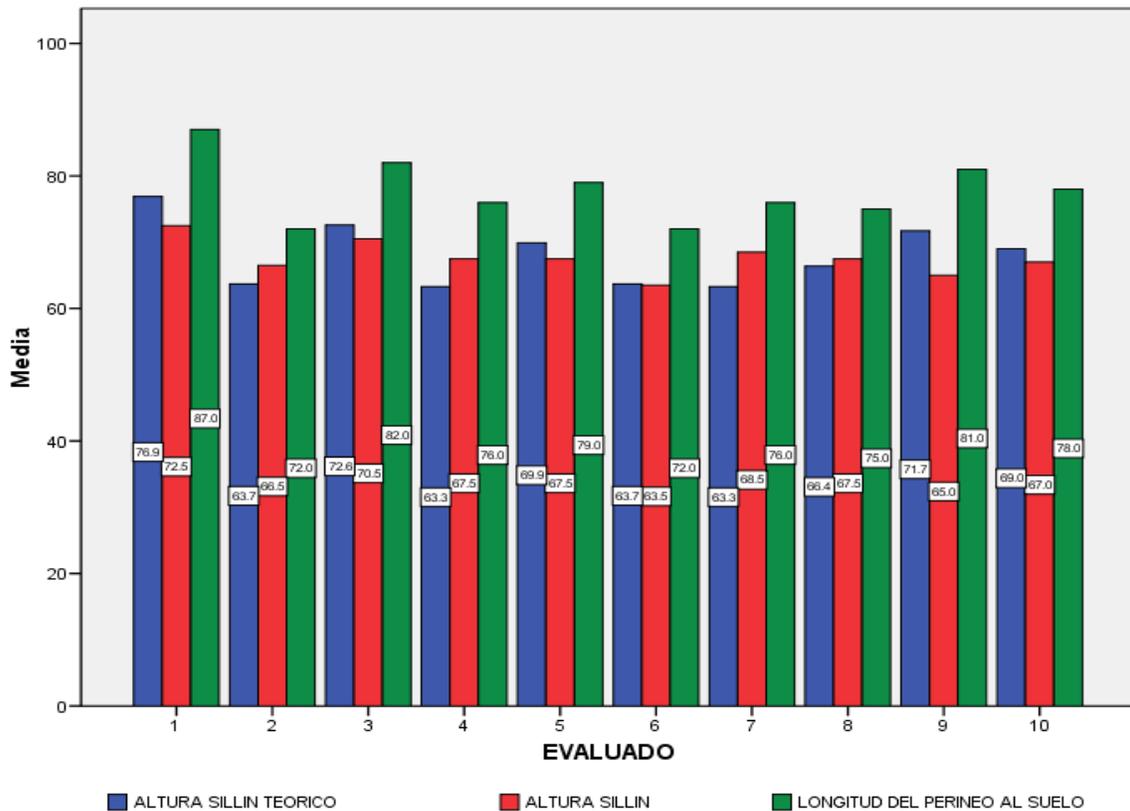
Es necesario tener en cuenta, que en la vista lateral se registró los arcos de movilidad articular en grados de extensión de rodilla, iniciada en la fases 1 y terminada en la 4, como también en flexión, iniciada en la fase 4 y termina en la fase 1; lo cual genera un punto muerto superior en la fase 1, debido a que en esta fase termina la flexión e inicia la extensión del miembro inferior y se genera un punto muerto inferior en la fase 4, ya que en esta fase termina la extensión y se inicia la flexión del miembro inferior.

**Tabla 2. Peso y talla máxima, mínima, media y desviación típica**

	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. típ.</b>
<b>PESO Kg</b>	58,5	78	65,6	5,4
<b>TALLA cm</b>	161	179	164,9	5,8
<b>IMC</b>	22	25	24	1

Teniendo en cuenta la tabla 2, se observa que la población evaluada fue homogénea en relación al peso, ya que el peso máximo fue de 78 kg y el mínimo es de 58.5 kg, obteniendo una media de 65.6 kg y una desviación de 5.4. De la misma manera se encontró en la talla, un mínimo de 161 cm y un máximo de 179 cm, registrando una media de 164.9 cm y una desviación de 5.8.

**Gráfico 1. Análisis entre la longitud del perineo hasta el suelo, la altura del sillín teórica y la utilizada por cada ciclista.**



De acuerdo a la relación entre la longitud del perineo hasta el suelo, la altura del sillín teórica y la utilizada por cada ciclista, en el gráfico 1 aplicando la fórmula:  $\text{Altura del sillín} = 0.885 \times \text{Longitud del perineo al suelo}$ , se observa que el 50% de los evaluados utilizan en su bicicleta, una medida en la altura del sillín más baja a lo que correspondería, de acuerdo a la medida obtenida a través de la fórmula, mientras que el 40% tienen el sillín más alto de lo que deberían y solo el 10% tiene el sillín a la altura debida.

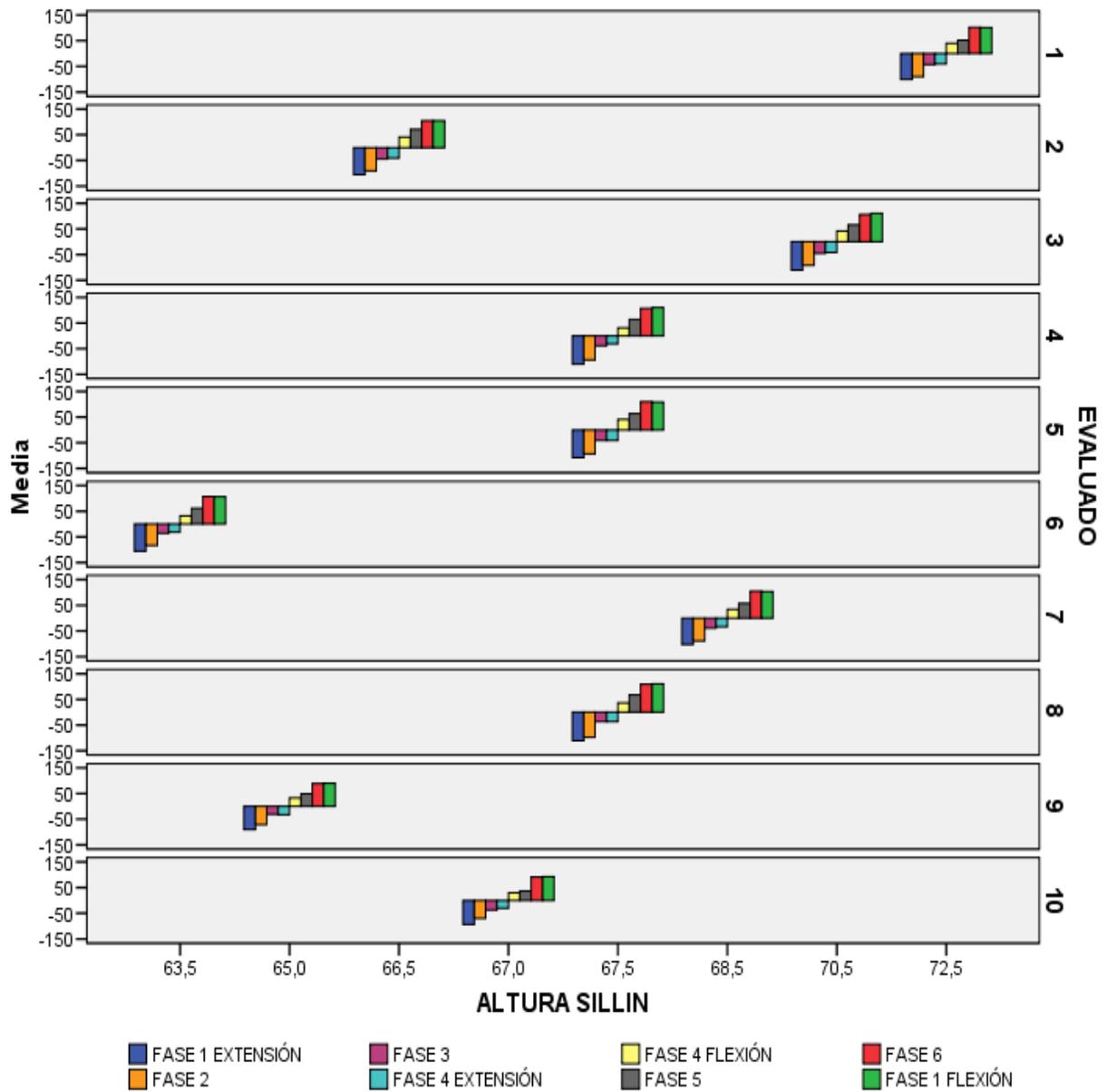
Para interpretar la tabla 3, es necesario tener en cuenta que los arcos registrados de forma negativa hacen referencia a la extensión de rodilla durante el pedaleo, de la misma manera los arcos positivos indican la flexión de la misma articulación. Por otra parte, en las fases 1 y 4 se presentan los arcos negativos y positivos debido a que en estas, inicia y termina el movimiento de flexión y extensión simultáneamente provocando los dos puntos muertos, tanto superior como inferior.

**Tabla 3. Análisis de arcos de movilidad articular en grados de extensión en las fases 1 a 4 y flexión de rodilla en las fases 4 a 1, en vista lateral.**

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
FASE 1	-111 o 90	-90 o 111	-103,8 o 103,8	7,3
FASE 2	-98	-70	-87,1	9,6
FASE 3	-45	-31	-39,2	4,2
FASE 4	-42 o 30	-30 o 42	-36,1	4,6
FASE 5	37	71	58,9	10,3
FASE 6	89	110	103,1	7,3

Con relación a los arcos de movilidad articular en grados de extensión o flexión de rodilla, según sea la fase del pedaleo, registrados en la tabla 3, se puede decir que en la fase 1 hay un arco mínimo de movilidad en el inicio de la extensión de -111 grados y un máximo de -90 grados, como también una media de -103,8 grados y una desviación de 7.3, en esta misma fase pero en la finalización de la flexión, se tiene un mínimo de 90 grados y un máximo de 111 grados. Para la fase 2 se presenta un mínimo de -98 grados y un máximo de -70 grados y una media de -96 grados, la desviación es de 9.6. Ahora bien, para la fase 3 se encuentra un arco de movilidad en rodilla para la extensión registrando un mínimo de -45 grados y un arco máximo de -31 grados, con una media de -39,2 grados y una desviación de 4.2; Por otra parte, en la fase 4, en la finalización de la extensión se tiene un arco mínimo de -42 grados y un máximo de -30 grados, con una media de -36,1 grados y una desviación de 4.6, en esta misma fase pero en el inicio de la flexión, se tiene un arco mínimo 30 grados y un máximo de 42 grados; también se observa que en la fase 5, un arco mínimo de 37 grados y un máximo de 71 grados, con una media de 58,9 grados y una desviación de 10.3 grados; Y por último, en la fase 6 se tienen arcos de movilidad articular, mínimo de 89 grados y el máximo de 110 grados, la media de 103,1 grados y la desviación de 7.3.

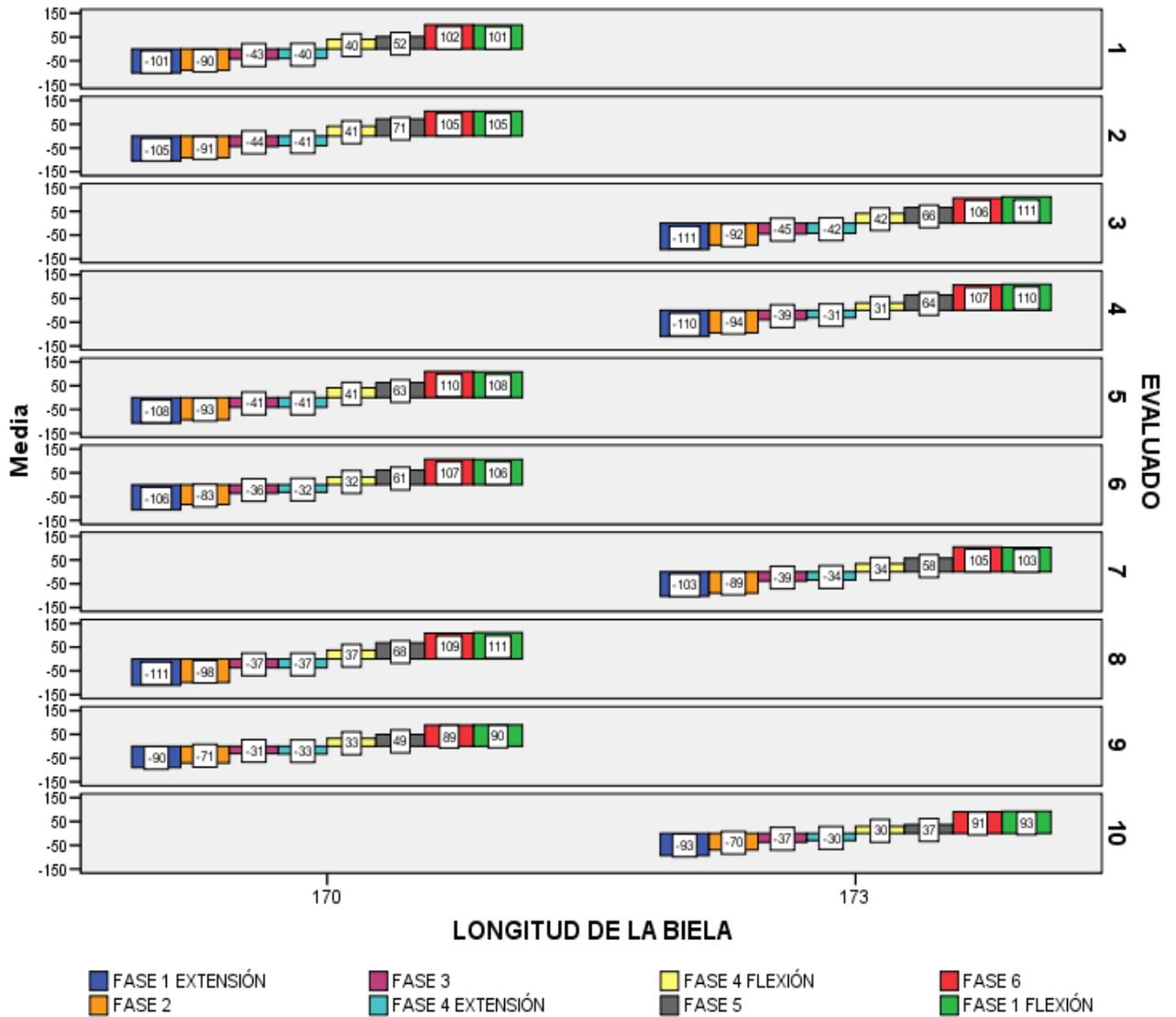
**Gráfico 2. Análisis entre cada uno de los ciclistas evaluados, ángulos en grados de extensión de rodilla en las fases 1 a 4 y flexión en las fases 4 a 1 y la altura del sillín, en vista lateral.**



Del mismo modo en el Gráfico 2, se puede ver la relación entre los ciclistas evaluados, ángulos en grados de extensión y flexión de rodilla, de acuerdo a cada fase del pedaleo y la longitud del sillín, se observa que el 50% de los evaluados, registran en la fase 6 el mayor arco de movilidad articular en grados de flexión. De

la misma manera el 33% de los evaluados presentan su miembro inferior con una mayor extensión en las fases 3 y 4.

**Gráfico 3. Análisis entre ángulos en grados de extensión de rodilla, en las fases 1 a 4 y flexión de en las fases 4 a 1 y la longitud de la biela de cada uno de los ciclistas evaluados, en vista lateral.**

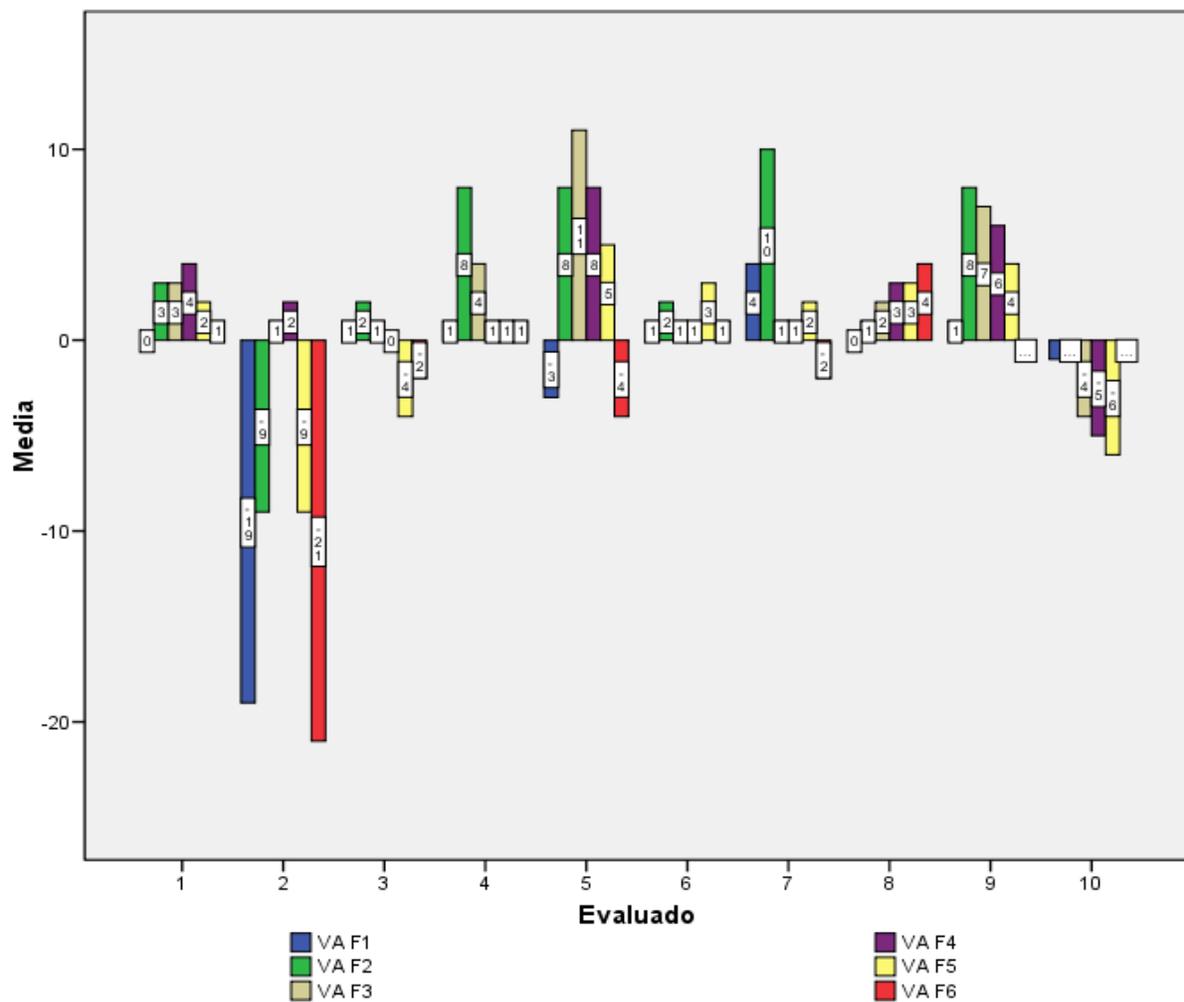


En el Gráfico 3, se observa que el 50% de los evaluados que utilizaron una biela de 170 tienen su miembro inferior más flexionado en la fase 6. De la misma manera el 33% de los evaluados presentan su miembro inferior con una mayor extensión en las fase 4. Así mismo el 75% de los evaluados que utilizaron una

biela de 172.5 tienen su miembro inferior menos extendido en la fase 1, mientras que el 100% de ellos tiene su miembro inferior más extendido en la fase 4.

Por otra parte, a través del análisis realizado en la vista anterior, se obtuvo los ángulos generados por la desviación de la rodilla en su trayectoria de arriba hacia abajo y viceversa durante el pedaleo, la cual debería seguir la línea media del muslo, por tanto se puede apreciar en el gráfico 4 y en la tabla 4, valores negativos de algunos ángulos encontrados, debido a la necesidad de diferenciar los ángulos que se generan a causa de la abducción de cadera, de los que se registran de manera positiva por aducción.

**Gráfico 4. Análisis de los grados de desviación de la rodilla en su trayectoria, causada por aducción o abducción de cadera, en vista anterior.**



Respecto a los arcos de movilidad articular en grados de desviación de la rodilla, sobre la trayectoria que esta articulación recorre durante el pedaleo en vista anterior y teniendo en cuenta, que el valor negativo corresponde al arco de movilidad articular generado en la abducción y el positivo al arco generado por aducción, en el grafico 4 se observa que el 10% de los evaluados presentan una desviación en la trayectoria de la rodilla durante las 6 fases del pedaleo, producida por la abducción de la cadera, el 40% de los evaluados presentan una desviación en la trayectoria de la rodilla, en todas las fases del pedaleo, producida por la aducción de la cadera.

**Tabla 4. Análisis de los grados de desviación de la rodilla en su trayectoria, causada por aducción o abducción de cadera, en vista anterior.**

	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
FASE 1	-19	4	-1,5	6,4
FASE 2	-9	10	3,2	5,7
FASE 3	-4	11	2,7	4
FASE 4	-5	8	2,1	3,5
FASE 5	-9	5	0,1	4,7
FASE 6	-21	4	-2,4	6,9

Igualmente se observa en la tabla 4, que en la fase 1 hay un arco de movilidad mínimo de -19 grados y un máximo de 4 grados con una media de -1,5 y una desviación de 6,4 grados respectivamente; mas adelante en la fase 2 observamos que hay un mínimo de -9 grados, un máximo de 10, una media de 3,2 y una desviación de 5,7 grados; en la fase 3 aparecen como valores mínimos -4 grados y como máximo 11, con una media de 2,7 y la desviación de 4 grados; en la casilla correspondiente a la fase 4 se observa un mínimo de -5 y un máximo de 8, la media de 2,1 y la desviación de 3,5 grados; en la fase siguiente, la 5 se encuentra un valor mínimo de -9 , un máximo de 5 y una desviación de 0,1 grados; y por último, en la fase 6 se muestra un mínimo de -21 grados, un máximo de 4, una media de -2,4 grados y una desviación de 6,9 grados.

**Tabla 5. Análisis de la posición de la rodilla respecto al eje del pedal, con pedales y bielas paralelos al suelo.**

<b>Evaluado</b>	<b>Posición de la rodilla</b>
1	Adelantada
2	Alineada
3	Adelantada
4	Alineada
5	Alineada
6	Alineada
7	Adelantada
8	Alineada
9	Alineada
10	Alineada

Por último, de acuerdo a la posición de la rodilla respecto al eje del pedal, con pedales y bielas paralelos al suelo, se presenta la tabla 5, a través de la cual se puede observar que ninguno de los evaluados presenta una posición retrasada, mientras que el 70% de la población tiene la rodilla alineada y solo en un 30% esta se encuentra adelantada.

## 9. DISCUSIÓN

La práctica del ciclismo se puede visualizar como una de las actividades físicas que generan grandes riesgos de adquirir una lesión deportiva, afectando la salud de quien lo practica, ya que en dicha actividad se presentan múltiples situaciones que pueden afectar directamente el aspecto físico, como también mental y socialmente del deportista. Las situaciones o circunstancias en las que se puede llegar a adquirir una lesión en el ciclismo, podrían ser las que son producto de una caída, por una mala postura sobre la bicicleta o por sobrecarga, entre otras.

De acuerdo a lo anterior es necesario decir que en la presente investigación se enfatizó en los posibles factores de riesgo de adquirir una lesión por sobre carga y alteraciones posturales sobre la bicicleta. De acuerdo a lo anterior y como lo plantean Conconi y Gregor (2005) los problemas más frecuentes en la articulación de la rodilla de los ciclistas son ocasionados por el abuso relacionado con las tensiones repetidas y constantes de montar demasiado tiempo en la bicicleta; se observó que una mala postura como también el hecho repetitivo de pedalear, se genera una sobrecarga de cierto grupo muscular, que depende de la misma alteración postural y del movimiento que se esté realizando al pedalear, sea el de flexión acompañado de una abducción de cadera o extensión de rodilla acompañado de una aducción cadera, cómo se evidenció en la población evaluada y se dará a conocer más adelante.

Así mismo, se observó que la biomecánica de la articulación de la rodilla no se vio modificada pese a la alteración del gesto y de la postura, pues se evidenció que cuando los ciclistas evaluados pedaleaban, los arcos de movimiento no sobrepasaban los límites permitidos, ya que se encontró una extensión máxima de  $-69^{\circ}$  y una máxima flexión de  $143^{\circ}$ , además se observó, en algunos evaluados, la desviación en la trayectoria que debería seguir la rodilla y como se puede ver a través de los resultados registrados en la tabla 4, como también el adelantamiento de esta articulación respecto al eje del pedal, entre otras alteraciones posturales y en el gesto técnico, generando el riesgo de adquirir diferentes tipos de lesión en este eje articular y como se expondrá posteriormente.

En cuanto a la relación entre la longitud del perineo hasta el suelo, la altura del sillín teórica y la utilizada por cada ciclista, en el análisis y presentación del gráfico 1 y la tabla 2, al decir que solo el 10% de la población tiene el sillín a la altura debida. De acuerdo a lo planteado por Conconi y Gregor (2005), esta población tendría el riesgo de adquirir una tendinitis de la pata de ganso, debido al incremento de presión en la rodilla media, por usar un sillín más alto. Lo que se puede decir, de acuerdo a la acción de los músculos que conforman la pata de ganso, es que si podría adquirirse esta tendinitis si durante el pedaleo, en todas las fases, la desviación de la rodilla en su trayectoria siempre sea generada por la aducción de la cadera. Sin embargo en la presente investigación se encontró que si el 40 % de los evaluados usan en su bicicleta un sillín más alto de lo que deberían, adicionando que este mismo porcentaje de la población presenta una desviación en la trayectoria de la rodilla entre las fases 1 a 4, correspondientes a la extensión del miembro inferior, pueden producir una alteración en la trayectoria de la rodilla, ocasionada por la aducción de la cadera durante la acción del pedaleo, en esta población existe el riesgo de adquirir una tendinitis del cuádriceps, sobre todo en la inserción del vasto medial del cuádriceps, debido a que:

*Los tendones son estructuras con escaso aporte sanguíneo y por tanto en inferioridad de condiciones, respecto al músculo, para soportar cargas y adaptarse al entrenamiento. Es común que las altas fuerzas ocasionadas sobre el tendón del cuádriceps y rotuliano, originen la aparición de tendinitis y entesitis. (Martínez González, 1997. Citado por Heredia, J. Costa, M. García, R)*

En esta población que utiliza una altura del sillín más alta, se encuentra que el 10% de los evaluados presentan una desviación en la trayectoria de la rodilla, durante las fases 4 a 1, ocasionada por la abducción de la cadera y si se tiene en cuenta que en la flexión, los músculos que intervienen son los del bíceps femoral, semimembranoso y semitendinoso, adicional a esto se encontró en algunos evaluados una abducción en cadera de manera simultánea a la flexión de rodilla,

por tanto la lesión que se puede producir es una tendinitis o una entesitis en la inserción de los músculos flexores de la rodilla y en el tensor de la fascia lata, como lo exponen Zayas, Celeste y Vanni (2006) al afirmar que el exceso de altura del sillín solicita un mayor esfuerzo de la musculatura posterior del miembro inferior, produciendo una sobrecarga en los isquiotibiales.

Ahora bien, si los resultados obtenidos dicen que el 50% de los ciclistas evaluados utilizan el sillín más bajo y que adicional a esto, los porcentajes de la población dicen que los evaluados realizan los mismos movimientos de aducción y abducción, durante el pedaleo, las lesiones que adquirirían serían casi las mismas, lo que se debe observar entonces, es que al reducirse el arco de movilidad articular, causado por usar un sillín bajo, existe el riesgo de adquirir una tendinitis del cuádriceps, como lo menciona Conconi y Gregor (2005), pero también se puede adquirir una condromalacia patelar, como lo afirma Zani (1998), una altura del sillín baja pueden ser causas del desgaste precoz del cartílago femoro-rotuliano, pues de la misma manera el IDEA (1997) expone que si el sillín está demasiado bajo, al forzar una mayor flexión se produce un incremento de la tensión sobre la rótula.

Por otra parte, de acuerdo a los arcos de movilidad articular en grados de extensión o flexión de rodilla en vista lateral, expresados en el gráfico 2 y tabla 3, según sea la fase del pedaleo, la diferencia entre los máximos y mínimos es amplia, sobre todo para las dos primeras y últimas fases del pedaleo, debido a que la altura del sillín en la bicicleta de cada ciclista evaluado, no corresponde a la altura que debería, además utilizan dos tipos de bielas diferentes. En este sentido el principal causante de la lesión es la mala ubicación del sillín, ya que según la altura de este hace que aumente o disminuya la flexión de la rodilla durante el pedaleo, además la biomecánica de la rodilla en situaciones normales y no en la acción de pedalear, según Daza. J (1996), permite una flexión desde los 0° hasta los 140° y una extensión desde los 140° hasta los 0°, teniendo como referencia que el eje es la cara lateral de la articulación de la rodilla, la barra fija es paralela al eje longitudinal del muslo y la barra móvil es paralela al eje longitudinal de la

pierna, confirmando que los arcos de movimiento obtenidos en cada ciclista no sobrepasan los límites.

En este sentido, lo que se debe tener en cuenta es que los arcos de movilidad articular obtenidos son diferentes, ya que la variación de los arcos en cada fase del pedaleo es provocada por la alteración de la altura del sillín y también por la utilización de una biela que no corresponde, como se encontró en algunos evaluados y se puede ver en el gráfico 3. Si cada ciclista ubica su sillín a la altura debida, como también usar la biela que le corresponde, todos los arcos serían similares o parecidos, de tal manera que esto indica que los arcos de movilidad articular para cada ciclista, independiente de su talla y longitud de miembro inferior, que para esta investigación es tomada como la longitud que hay entre el perineo hasta el suelo, podrían ser similares, pues Algarra y Gorrotxategi (1996) presentan para cada una de las seis fases del pedaleo, un ángulo recorrido por el pedal, desde el punto muerto superior hasta cada fase y de esta manera se puede presentar una situación similar para los arcos generados en la articulación de la rodilla en cada fase del pedaleo.

De acuerdo a lo presentado en la tabla 5, el 30% de la población tiene la rodilla en posición adelantada respecto al eje del pedal, con pedales y bielas paralelos al suelo, generando en ellos el riesgo de adquirir una tendinitis del cuádriceps, como lo plantea Conconi y Gregor (2005) debido a la que la acción repetitiva del pedaleo y el adelantamiento de la rodilla provoca una excesiva tensión en la inserción del cuádriceps, como también en el tendón de este.

Es importante tener en cuenta que cuando hay una altura del sillín baja (ángulo muslo-pierna  $>30^\circ$ ), como también posiciones avanzadas de rodilla, entre otras, pueden ser causas del desgaste precoz del cartílago femoro-rotuliano, como lo afirma Zani (1998). Del mismo modo, al encontrar que el 30% de los evaluados presentan una posición adelantada y un 50% presentan el sillín más bajo, tienen el riesgo de adquirir una condromalacia rotuliana o patelar, ya que de acuerdo a lo planteado por el IDEA (1997), el nivel de carga, la altura del sillín y la presión

femoro-rotuliana mantienen una relación proporcional, como se decía anteriormente y según este último autor mencionado, si el sillín está demasiado bajo, al forzar una mayor flexión se produce un incremento de la tensión sobre la rótula. Ahora bien, si se tiene en cuenta que, según Conconi y Gregor (2005), afirman que una excesiva tensión que presione la cara articular de la rótula con el fémur, llamada carga o fuerza de deslizamiento, puede iniciar una degeneración en su superficie y finalmente provocaría la condromalacia patelar.

## 10. CONCLUSIONES

- La mayoría de problemas que afectan la articulación de la rodilla de los ciclistas son ocasionados por la ejecución incorrecta del gesto técnico o por una inadecuada postura y no por la alteración en la biomecánica de la articulación, pues en la ejecución del pedaleo, no se sobrepasan los límites de los arcos de movimiento permitidos en la flexión y extensión de la rodilla, como tampoco se realizan otros movimientos diferentes a estos que alteren su biomecánica.
- Los arcos de movilidad articular en cada una de las fases de pedaleo deben ser similares entre cada ciclista, debido a que la configuración de la bicicleta se puede realizar a través de la aplicación de fórmulas matemáticas y de tablas estandarizadas de acuerdo a la anatomía del ciclista.
- La inadecuada postura o ubicación del ciclista provocada por una configuración defectuosa de su bicicleta, la ejecución incorrecta del gesto técnico y acompañada del efecto repetitivo de la acción del pedaleo, pueden generar con mayor frecuencia tendinopatias, entesitis, desgaste degenerativos en la articulación de la rodilla, ocasionadas por la sobrecarga de los grupos musculares solicitados en los movimientos realizados, de acuerdo a la biomecánica de esta articulación en la acción del pedaleo.
- El retroceso o adelantamiento del sillín, como también al altura de este cumplen un papel muy importante en el desempeño saludable de la articulación de la rodilla durante la práctica del ciclismo, ya que una mala ubicación del sillín puede incrementar los riesgos de adquirir una lesión en dicha articulación.

## 11. RECOMENDACIONES

- Ubicar el sillín de acuerdo a la medida encontrada a través de la fórmula:  
altura de sillín = longitud de perineo al suelo X 0.885
- Utilizar la biela correspondiente de acuerdo a la longitud del perineo al suelo.
- Revisar que la articulación de la rodilla no se encuentre retrasada o adelantada al eje del pedal.
- Realizar estiramientos de los grupos musculares, antes y después de la práctica del entrenamiento, para así disminuir el riesgo de adquirir una lesión deportiva.
- Consumir un adecuado hidratante durante el entrenamiento, ya que se ha comprobado científicamente, que la deshidratación aumenta los riesgos de adquirir una lesión.
- Realizar fortalecimiento de grupos musculares en los cuales se presente debilidad y al inicio de cada temporada, realizar una adecuada preparación física general y un buen fortalecimiento muscular, para disminuir riesgos de lesión durante la temporada de competencia.
- Continuar con otros estudios biomecánicos en la articulación de la rodilla, revisando el impacto en dicha articulación, durante la acción del pedaleo, debido a su relación con otras articulaciones como la de cadera, tobillo y la ubicación del pie en el pedal, teniendo en cuenta las posibles alteraciones posturales en el miembro inferior del ciclista y que puedan generar una lesión deportiva, con el fin de ampliar esta investigación.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- Algarra J.L y Gorrotxategi A. (1996). "Fundamentos del ciclismo; el ciclismo y su mundo" Madrid, Editorial Gymnos. Pág: 29- 33.
- Coldeportes nacional. Ley 181 de 1995, Capitulo II, titulo VI, Capitulo I, artículos 15 y 16; Colombia.
- Conconi, F. Gregor, R. (2005) "Ciclismo en carretera" Madrid, Editorial Hispano Europea; Pág: 131, 132, 135, 136, 137.
- Daza, J, (1996) "Test de movilidad articular y examen muscular de la extremidades" Bogotá, Editorial médica panamericana; Pag: 149, 159, 162, 171, 174, 177,180, 181, 194, 195,197, 198.
- Fucci, S Benigni, M y Fornasari, V (1988) "Biomecánica Del Aparato Locomotor Aplicada Al Acondicionamiento Muscular". Roma: Editorial HARCOURT BRACE, Pags: 9, 74.
- Góngora, L. Rosales, C. Gonzáles, I. y Victoria, N. (2003) Articulación de la rodilla y su mecánica articular. Editorial Medisan. Santiago de Cuba.
- Heredia, J. Costa, M. García, R (2004) "Ciclo Indoor para la salud. Aspectos a considerar para una practica segura. Prevención de problemas y lesiones". efdeportes Revista Digital. Buenos Aires, Año 10 - N° 79.

En revista virtual: <http://www.efdeportes.com/efd79/indoor.htm>

Consultado el 12 de mayo de 2010.

- [http://www.biolaster.com/ciclismo/posicion\\_ciclista\\_bicicleta/longitud\\_biela](http://www.biolaster.com/ciclismo/posicion_ciclista_bicicleta/longitud_biela)  
Consultado el 02 de marzo de 2010.

- <http://www.unionbike.net/frecuentes/calcularlatalla.htm>  
Consultado el 02 de marzo de 2010
- IDEA (Health & Fitness Association) (1997): *Lesiones y prevención en ciclismo indoor*. Fitness news. N° 23.
- Michel A. 1996 "Guía del ciclismo" Paris. Editorial Edictis. Pág: 102
- Ministerio de salud. Resolución número 5261 de 1994, libro I, capítulo IV, artículos 20 y 53; Colombia
- Olvera CR, Rodríguez FS, Pérez GLE, Eibenschutz C, Villalba CJ. 2000. Salud comunitaria en Los Altos de Chiapas, México. En revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias, Volumen 13 - número 1, Enero - marzo 2000, Págs. 28-31. Consultado el 1 de octubre de 2009.  
  
<http://new.medigraphic.com/cgi-bin/resumen.cgi?IDARTICULO=5969&IDPUBLICACION=718&IDREVISTA=22&NOMBRE=Revista%20del%20Instituto%20Nacional%20de%20Enfermedades%20Respiratorias>
- Pérez, J. 1988. Fundamentos técnicos del ciclismo. Intermedios Editores. Bogotá. Pág: 250, 258, 259.
- Ramón G. QUÉ ES BIOMECÁNICA, Introducción al curso de Biomecánica Deportiva Apuntes de Clase. Universidad de Antioquia. Colombia. Pag: 1  
Consultado el 1 de octubre de 2009. En revista virtual:  
[http://viref.udea.edu.co/contenido/menu\\_alterno/apuntes/gusramon/biomecnica/01-intro.pdf](http://viref.udea.edu.co/contenido/menu_alterno/apuntes/gusramon/biomecnica/01-intro.pdf)
- Rapaport, J. (2006) "Diccionario de acción humanitaria y cooperación al desarrollo" en revista electrónica *Hegoa*.  
<http://dicc.hegoa.efaber.net/listar/mostrar/199>

Consultado: Consultado el 1 de octubre de 2009.

- Redondo, P (2004) “Curso de Gestión Local de Salud para Técnicos del Primer Nivel de Atención”. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Pág: 7
- Zani, Z. (1998): *Posiciones incorrectas en la bicicleta. Lesiones comunes y sus remedios*. Edit. Dorleta S.A.
- Zayas, Celeste y Vanni, (2006) Revista de Posgrado de la VIa Cátedra de Medicina. Universidad Nacional del Nordeste, Chaco Argentina. N 160, Pág: 20.

En revista virtual: [http://med.unne.edu.ar/revista/revista160/5\\_160.pdf](http://med.unne.edu.ar/revista/revista160/5_160.pdf)

Consultado el 02 de marzo de 2010.

.

### **13. ANEXOS**

Se anexa consentimiento informado y datos de cada uno de los ciclistas evaluados.