



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES  
CARRERA EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA DEPORTES Y  
RECREACIÓN

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN  
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA DEPORTES Y RECREACIÓN.

**TEMA: ESTUDIO DEL INTERCAMBIO DE GASES RESPIRATORIOS,  
RESPUESTAS CARDIACAS Y METABÓLICAS, PARA LA PRUEBA  
COMBINADA DE LA SELECCIÓN DEL ECUADOR DE PENTATHLÓN  
MODERNO QUE PARTICIPARAN EN EL CAMPEONATO  
PANAMERICANO MEXICO 2014.**

AUTORES: BOLAGAY LARREA, JULIO MAXIMILIANO  
RIVADENEYRA CARRANZA, PAUL ERNESTO

DIRECTOR: MSC. MARIO VACA  
CODIRECTOR: LCDO. ALBERTO GILBERT

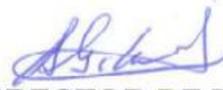
SANGOLQUÍ, MARZO 2015

## CERTIFICACIÓN

Certificamos que el trabajo de investigación titulado, “**ESTUDIO DEL INTERCAMBIO DE GASES RESPIRATORIOS, RESPUESTAS CARDIACAS Y METABÓLICAS, PARA LA PRUEBA COMBINADA DE LA SELECCIÓN DEL ECUADOR DE PENTATHLÓN MODERNO QUE PARTICIPARAN EN EL CAMPEONATO PANAMERICANO MEXICO 2014.**” realizado por el señor Capt. De I. Rivadeneyra Carranza Paul Ernesto y el Sr. Capt. De A. Bolagay Larrea Julio Maximiliano, ha sido revisado prolijamente y cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos, y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto nos permitimos acreditarlo a autorizar al señor Capt. De I. Rivadeneyra Carranza Paul Ernesto y el Sr. Capt. De A. Bolagay Larrea Julio Maximiliano para que lo sustente públicamente.

**Atentamente.**

  
DIRECTOR DE TESIS  
MSc. Mario Vaca.

  
CODIRECTOR DE TESIS  
Lcdo. Alberto Gilbert.

## AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Capt. De I. Rivadeneyra Carranza Paul Ernesto con cédula de identidad 1500459373 y el Sr. Capt. De A. Bolagay Larrea Julio Maximiliano con cedula de identidad 1713396545 declaramos que este trabajo de investigación, “ESTUDIO DEL INTERCAMBIO DE GASES RESPIRATORIOS, RESPUESTAS CARDIACAS Y METABÓLICAS, PARA LA PRUEBA COMBINADA DE LA SELECCIÓN DEL ECUADOR DE PENTATHLÓN MODERNO QUE PARTICIPARAN EN EL CAMPEONATO PANAMERICANO MEXICO 2014.”, que presentamos como tesis para la obtención del título de Licenciado en Ciencias de la Actividad Física, Deportes y Recreación, es original y auténtica.

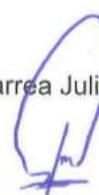
Los autores

Rivadeneyra Carranza Paul Ernesto



Capt. De I.

Bolagay Larrea Julio Maximiliano



Capt. De A.

## AUTORIZACIÓN

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación o reproducción en la página Web de todas las ideas, criterios que constan en la presente Tesis de Grado sobre él, “ESTUDIO DEL INTERCAMBIO DE GASES RESPIRATORIOS, RESPUESTAS CARDIACAS Y METABÓLICAS, PARA LA PRUEBA COMBINADA DE LA SELECCIÓN DEL ECUADOR DE PENTATHLÓN MODERNO QUE PARTICIPARAN EN EL CAMPEONATO PANAMERICANO MEXICO 2014.”

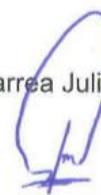
Para constancia de lo anteriormente expresado firmamos a continuación.

Rivadeneira Carranza Paul Ernesto



Capt. De I.

Bolagay Larrea Julio Maximiliano



Capt. De A.

## DEDICATORIA

A Dios que nos ha dado la vida, fuerza y voluntad para culminar nuestros estudios con éxito, a todos nuestros familiares que estuvieron pendientes en este proceso que está por culminar y una dedicatoria muy especial a nuestras esposas que con su apoyo incondicional nos motivaron día a día para ser mejores profesionales y personas que contribuyan un grano de arena en la sociedad. Es muy importante un agradecimiento a nuestro Ejército Ecuatoriano por habernos brindado la oportunidad de estudiar y conseguir este título que será aplicado para beneficio institucional y a su vez para la sociedad Ecuatoriana.

Al Sr. Msc. Mario Vaca director de tesis y el Sr. Lcdo. Alberto Gilbert, que con su experiencia, paciencia y sabiduría nos han guiado en la ejecución de nuestro trabajo de investigación.

Al terminar con éxito este trabajo, nos es grato expresar nuestra más eterna gratitud, a la Carrera de Actividad Física Deportes y Recreación al personal directivo, docente y administrativo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Gracias, a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron al presente trabajo investigativo.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mis más sinceros agradecimientos a mi Esposa, mis hijos, mi familia por motivarme y apoyarme siempre, al Ejército por darme la oportunidad de prepararme, al Personal Docente y Administrativo de la Carrera de Licenciatura de Ciencias de la Actividad Física, Deportes y Recreación de la Escuela Politécnica del Ejército por todos los conocimientos brindados en el transcurso de mi formación académica.

Finalmente un agradecimiento profundo y sincero al Msc. Mario Vaca y al Lcdo. Alberto Gilbert, quienes fueron mi Director y Codirector de Tesis, por todas sus enseñanzas y al apoyo desinteresado para alcanzar mis objetivos en mi formación profesional.

Capt. De I. Rivadeneyra Carranza Paul Ernesto.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que formaron parte en este proceso que concluyó con éxito y a mi Ejército Ecuatoriano que confió en mi capacidad para prepararme en función de retribución para la Fuerza, al Personal Docente y Administrativo de la Carrera de Licenciatura de Ciencias de la Actividad Física, Deportes y Recreación de la Escuela Politécnica del Ejército por todos los conocimientos brindados en el transcurso de mi formación académica.

Finalmente un agradecimiento profundo y sincero al Msc. Mario Vaca y al Lcdo. Alberto Gilbert., quienes fueron mi Director y Codirector de Tesis, por todas sus enseñanzas y al apoyo desinteresado para alcanzar mis objetivos en mi formación profesional.

Capt. De A. Bolagay Larrea Julio Maximiliano

## **INDICE DE CONTENIDO**

CERTIFICACIÓN.....i

AUTORIZACIÓN .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objeto de la investigación.....	1
1.2. Situación problemática .....	1
1.3. Problema de la investigación .....	1
1.4. Sub-problemas de investigación.....	2
1.5. Delimitación de la investigación.....	3
1.5.1. Delimitación temporal .....	3
1.5.2. Delimitación espacial .....	3
1.5.3. Delimitación de las unidades de medición .....	3
1.6. Justificación e importancia.....	3
1.7. Cambios esperados.....	4
1.8. Objetivos .....	4
1.8.1. Objetivo general.....	4
1.8.2. Objetivos específicos .....	5
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Esquema del marco teórico. ....	6
2.2. Ácido Láctico. ....	6
2.2.1. Definición.....	6
2.2.2. Su análisis químico consta.....	7
2.2.3. Nomenclatura .....	7
2.2.4. Historia y reacción química .....	7
2.2.5. Origen del lactato en el deportista.....	8
2.2.6. Comportamiento del lactato en el deportista .....	9
2.2.7. Efectos nocivos que se produce en el deportista .....	10
2.2.8. Medición del lactato en el deportista .....	11
2.3. Acumulación del ácido láctico en los músculos.....	12
2.4. Metabolismos del ácido láctico en los músculos .....	15
2.4.1. Producción de lactato en reposo.....	15
2.4.2. Producción de lactato en ejercicio.....	16

2.2.3. Acumulación de lactato.....	16
2.2.3. Eliminación de lactato.....	18
2.5. Sistemas energéticos.....	18
2.5.1. ATP (Adenosin trifosfato).....	18
2.5.2. Tipos de fuentes energéticas.....	19
2.5.2.1. Sistema anaeróbico alactico.....	20
2.5.2.2. Sistema anaeróbico lactico.....	22
2.5.2.3. Fuentes aeróbicas de ATP.....	24
2.5.2.3.1. Glucólisis.....	25
2.5.2.3.2. Ciclo de Krebs.....	26
2.5.2.3.3. Sistema de transporte de electrones.....	27
2.6. Frecuencia cardiaca.....	28
2.6.1. Frecuencia cardiaca en reposo.....	29
2.6.2. Frecuencia cardiaca maxima.....	30
2.6.3. Factores que afectan la frecuencia cardiaca.....	31
2.6.3.1. La edad.....	31
2.6.3.2. La Hora del día.....	32
2.6.3.3. La temperatura.....	32
2.6.3.4. La altura.....	32
2.6.3.5. La contaminación.....	32
2.6.3.6. La genética.....	33
2.6.3.7. El genero.....	33
2.6.3.8. Somatotipo o composición corporal.....	33
2.6.3.9. Las psicológicas.....	33
2.6.3.10. La postura.....	33
2.6.3.11. El metabolismo.....	34
2.6.3.12. El control mental.....	34
2.6.3.13. Medicamentos.....	34
2.6.4. Recuperación de la FC.....	34
2.7. Umbral anaeróbico aláctico mediante la FC.....	39
2.7.1. Abreviaturas.....	39
2.7.2. Diferencias tecnológicas.....	40

2.8. Umbral ventilatorio.....	41
2.8.1. Métodos de determinación de umbral ventilatorio .....	41
2.8.2. Relación entre umbral ventilatorio y láctico .....	42
2.9. Test de dipper.....	43
2.9.1. Tabla de ajustes .....	44
2.9.2. Tabla de control .....	45
2.9.3. Hoja del test de dipper .....	45
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1. Alcance y enfoque de una investigación .....	46
3.2. Tipo de investigación .....	46
3.2.1. Cuasi-experimental .....	46
3.2.2. Analítico sintético.....	46
3.2.3. Inductivo-deductivo.....	47
3.2.4. Hipotético deductivo.....	47
3.3. Población y muestra .....	47
3.3.1. Calculo de muestra.....	48
3.4. Técnicas e instrumentos .....	48
3.4.1. Técnicas.....	48
3.4.1.1 Investigación bibliográfica.....	48
3.4.1.2. Criterios de expertos.....	48
3.4.1.3. Investigación de campo.....	48
3.4.2. Instrumentos.....	49
3.4.2.1. Test de control.....	49
3.4.2.2. Medición del CO <sub>2</sub> y VO <sub>2</sub> con el intercambiador de gases.....	49
3.4.2.3. Medición del lactato.....	49
3.4.2.4. Medición de la frecuencia cardíaca.....	49
3.5. Variables de investigación .....	49
3.5.1. Operacionalización de variables .....	50
3.6. Evaluación de resultados y validación .....	52
CAPÍTULO 4. PROTOCOLO E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN .....	53
4.1. Protocolo de medición.....	53
4.2. Instrumento a utilizar para la medición del VO <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub> .....	53

4.2.1. Protocolo a utilizar para la medición del VO <sub>2</sub> y CO <sub>2</sub> .....	54
4.2.1.1. Al iniciar el test.....	54
4.2.1.2. Durante el test .....	54
4.2.1.3. Durante la recuperación.....	55
4.2.2. Procedimiento técnico.....	55
4.2.2.1. Preparación para la prueba.....	55
4.2.2.2. Prueba de ejercicios .....	56
4.3. Instrumento a utilizar para la medición de lactato .....	57
4.3.1. Maquina analizadora Accutrend plus .....	57
4.3.2. Tiras reactivas BM - Lactate .....	57
4.3.3. Protocolo a utilizar en la toma de lactato.....	58
4.3.3.1. Lactato en reposo .....	58
4.3.3.1. Antes de iniciar el test.....	58
4.3.3.1. Durante el test .....	59
4.3.3.1. Durante la recuperación.....	59
4.4. Instrumento a utilizar para la medición de la FC .....	60
4.4.1. Reloj medidor de la FC POLAR RCX5.....	60
4.4.2. Protocolo a utilizar en la toma de la FC.....	61
4.4.2.1. Frecuencia cardiaca en reposo.....	61
4.4.2.2. Antes de iniciar el test.....	61
4.4.2.3. Durante el test .....	61
4.4.2.4. Durante la recuperación.....	61
4.4.2.5. Indicaciones generales .....	61
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	63
5.1. Analizar el comportamiento cardiaco del Equipo.....	63
5.1.1. Frecuencia cardiaca en el test de dippert.....	63
5.1.2. Recuperación de la FC despues del test de dippert.....	68
5.1.3. Comportamiento individual de la FC en reposo.....	72
5.2. Analizar el comportamiento del Acido Lactico del Equipo .....	75
5.2.1. Lactato en el test de dippert.....	75
5.2.2. Recuperación del lactato despues del test de dippert .....	80
5.2.3. Comportamiento individual de lactato en reposo.....	84

5.3. Analizar el comportamiento del (I.G) del Equipo .....	87
5.3.1. Interpretación individual .....	87
5.3.2. Interpretación del VO <sub>2</sub> - CO <sub>2</sub> del equipo .....	93
5.4. Determinar las (Z.E) del Equipo .....	96
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
4.5. CONCLUSIONES.....	98
4.6. RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFÍA.....	101

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tasas de Producción de Lactato.....	15
Tabla 2. Tabla del calculo de energía ATP .....	20
Tabla 3. Tabla de energía disponible en el cuerpo.....	24
Tabla 4. Frecuencia Cardiaca de Recuperación .....	39
Tabla 5. Nomina de Investigadores .....	47
Tabla 6. Nomina de Deportistas.....	48
Tabla 7. Operacionalización de Variables.....	50
Tabla 8. Comportamiento de (FC) del test para Rúaless David. ....	63
Tabla 9. Comportamiento de (FC) del test para Torres Guillermo.....	64
Tabla 10. Comportamiento de (FC) del test para Landeta Darío.....	65
Tabla 11. Comportamiento del equipo de (FC) en el test.....	66
Tabla 12. Recuperación de (FC) después del test de dippert Equipo .....	68
Tabla 13. (FC) mínima, máxima y Promedio individual de cada deportista. ...	70
Tabla 14. Frecuencia cardiaca del Equipo después del test de dippert.....	72
Tabla 15. Frecuencia cardiaca en reposo de los deportistas .....	72
Tabla 16. Comportamiento por equipo de la (FC) en reposo. ....	74
Tabla 17. Comportamiento del lactato en Rúaless David en el test. ....	75
Tabla 18. Comportamiento del lactato en Torres Guillermo en el test.....	76
Tabla 19. Comportamiento del lactato en Landeta Darío en el test.....	77
Tabla 20. Comportamiento del equipo al realizar el test de dippert.....	78
Tabla 21. Comportamiento del lactato después del test de dippert .....	80
Tabla 22. Comportamiento del lactato de los deportista después del test.....	82
Tabla 23. Datos equipo en lactato de recuperación despues del test .....	83
Tabla 24. Lactato en reposo de los deportistas.....	84
Tabla 25. Comportamiento por equipo del lactato en reposo. ....	85

Tabla 26. Comportamiento individual con (I.G. VO2000) de Rúaless .....	87
Tabla 27. Comportamiento individual con (I.G. VO2000) del Torres. ....	89
Tabla 28. Comportamiento individual con (I.G. VO2000) de Landeta. ....	91
Tabla 29. Zona de entrenamiento del deportista Ruales David.....	96
Tabla 30. Zona de entrenamiento del deportista Torres Guillermo.....	96
Tabla 31. Zona de entrenamiento del deportista Landeta Dario.....	97

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mantenimiento del ácido láctico .....	13
Figura 2. El ATP .....	19
Figura 3. Glucólisis aeróbica y anaeróbica .....	25
Figura 4. Ciclo de Krebs .....	26
Figura 5. Sistema de transporte de Electrones .....	27
Figura 6. Terminología Utilizada en Umbrales. ....	41
Figura 7. Tabla de Ajustes del test de Dippert .....	44
Figura 8. Hoja de test de Dippert .....	45
Figura 9. Máquina VO2000.....	54
Figura 10. Tiras de lactato .....	58
Figura 11. Toma de datos del test de Dippert .....	59
Figura 12. Rúales aplicación del test de dippert.....	64
Figura 13. Torres aplicación del test de Dippert.....	65
Figura 14. Landeta aplicación del test de Dippert .....	66
Figura 15. Análisis del Test Dippert por equipo.....	67
Figura 16. Análisis de los promedios del equipo .....	67
Figura 17. Recuperación después del test de dippert Rúales .....	69
Figura 18. Recuperación después del test de dippert Torres .....	69
Figura 19. Recuperación después del test de dippert Landeta .....	69
Figura 20. Datos de frecuencia cardíaca después del test David Rúales .....	71
Figura 21. Datos de frecuencia cardíaca después del test Torres.....	71
Figura 22- Datos de frecuencia cardíaca después del test Landeta .....	71
Figura 23. Dato de (FC) en reposo de David Rúales .....	73
Figura 24. Dato de (FC) en reposo de Torres Guillermo .....	73
Figura 25. Dato de (FC) en reposo de Landeta Darío .....	73

Figura 26. Dato del equipo de los promedios FC. en reposo .....74

Figura 27. Dato del equipo de la FC. reposo.....74

Figura 28. Rúales aplicación del test individual.....76

Figura 29. Torres aplicación del test individual .....77

Figura 30. Landeta aplicación del test individual .....78

Figura 31. Análisis del equipo lactato al realizar el test de dippert .....79

Figura 32. Análisis del equipo de sus promedios. ....79

Figura 33. Recuperación lactato después del test de Rúales David.....81

Figura 34. Recuperación lactato después del test de Torres .....81

Figura 35. Recuperación lactato después del test de Landeta Darío .....81

Figura 36. Datos de recuperación del lactato en Rúales David .....82

Figura 37. Datos de recuperación del lactato en Torres Guillermo.....83

Figura 38. Datos de recuperación de lactato en Landeta Darío .....83

Figura 39. Dato del lactato en reposo de Rúales .....84

Figura 40. Dato del lactato en reposo de Torres Guillermo .....85

Figura 41. Dato del lactato en reposo de Landeta Darío .....85

Figura 42. Dato promedio del Lactato del equipo.....86

Figura 43. Dato del lactato en reposo del equipo .....86

Figura 44. Dato del comportamiento del VO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> de Rúales David .....88

Figura 45. Dato del comportamiento del VO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> de Torres .....90

Figura 46. Dato del comportamiento del VO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> de Landeta.....92

Figura 47. Datos de comparación del VO<sub>2</sub> de los deportistas.....94

Figura 48. Dato del VO<sub>2</sub> promedio del equipo de pentatlón moderno .....95

Figura 49. Dato del VO<sub>2</sub> Máximo del equipo de pentatlón moderno .....95

## **Resumen**

Cada Deportista de Alto rendimiento representa un universo y sus comportamientos tanto fisiológicos en el entrenamiento deportivo son diferentes de cada deportista ya sea por el Biotipo y capacidades tanto físicas, emocionales, cognitivas y espirituales que no pueden reproducirse de igual forma en otro ser humano, así como también la influencia del espacio geográfico en el cual se desenvuelve, estas diferencias marcan su desarrollo, formación y evolución deportiva, es por estas diferencias que al realizar esta investigación científica queremos determinar y realizar una relación con los diferentes cambios fisiológicos y comportamiento en el intercambio de gases pulmonares, frecuencia cardíaca y lactato se refiere a partir de un test progresivo de esfuerzo máxima y obtener datos que puedan reflejar las condiciones individuales y las zonas de entrenamiento de cada deportista. Nuestra muestra de investigación la conforma el Equipo de la selección del Ecuador de Pentatlón Moderno.

### **Palabras clave:**

- Intercambio de gases pulmonares.
- Frecuencia cardíaca
- Lactato
- Zonas de entrenamiento

## **Abstract**

Each Athlete High Performance represents a universe and its many behaviors physiological in sports training are different from each athlete either Biotype and both physical, emotional, cognitive and spiritual capacities that can not reproduce the same way in another human being as well as well as the influence of geographic space in which unfolds, these differences mark their development, training and sports development, is these differences that make this scientific research we identify and realize a relationship with different physiological and behavioral changes in the exchange pulmonary gas, heart rate and lactate refers from a maximum incremental test and obtain data that can reflect the individual conditions and the training zones of each athlete. Our research shows the make up Team Ecuador selection of Modern Pentathlon.

Keywords:

- Pulmonary gas exchange.
- Heart rate
- Lactate
- Training Zones

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Objeto de la investigación**

La relación existente entre el intercambio de gases respiratorios, con la medición de la frecuencia cardiaca y el ácido láctico en el entrenamiento de los deportistas del equipo de pentatlón moderno del Ecuador que participarán en el campeonato Panamericano México 2014.

### **1.2. Situación problemática**

El pentatlón moderno a pesar de ser un deporte olímpico con mucha trayectoria a nivel internacional, en nuestro país es considerado en la actualidad como un deporte nuevo que tiene sus inicios en el 2007, por tal razón no cuenta con registros de marcas y mediciones realizadas anteriormente.

No existe un entrenamiento aplicando técnicas científicas como tecnológicas que permita llevar un control adecuado del entrenamiento, registrando los avances en los deportistas en forma individualizada.

También, debido a un cambio en el reglamento de pentatlón moderno a partir del 2009 las pruebas de trote y tiro que anteriormente eran individuales hoy en día se lo realiza como una sola prueba combinada, y generando así nuevas variables de investigación que modifican la estructura en el entrenamiento y su planificación.

### **1.3. Problema de la investigación**

La inexistencia de procesos científicos tales como gases respiratorios, respuestas cardiovasculares y metabólicas, que nos permitan determinar con exactitud las zonas de entrenamiento y el comportamiento fisiológico del

cada deportista logrando mejores resultados en la prueba combinada de Pentatlón Moderno.

#### **1.4. Sub-problemas de investigación**

Mediante una observación hemos podido determinar que el Equipo de Pentatlón Moderno del Ecuador no cuenta con datos científicos que permitan mejorar la planificación del entrenamiento, ante esta problemática nos encontramos con los siguientes sub-problemas de investigación:

- La falta de estudios fisiológicos que determinen el comportamiento del intercambio de gases respiratorios en el entrenamiento de los deportistas de pentatlón moderno del Ecuador.
- La falta de estudios fisiológicos del comportamiento de la frecuencia cardiaca en el entrenamiento de los deportistas de pentatlón moderno del Ecuador.
- La falta de estudios fisiológicos del comportamiento del ácido láctico en el entrenamiento de los deportistas de pentatlón moderno del Ecuador.
- No existe una correlación entre estas tres variantes fisiológicas para cada deportista de pentatlón moderno del Ecuador.
- No existe una determinación acertada del Umbral Anaerobio para cada deportista de pentatlón moderno del Ecuador.
- No existe un entrenamiento individualizado de los pentatletas del Equipo deportista de pentatlón moderno del Ecuador.

## **1.5. Delimitación de la investigación**

### **1.5.1. Delimitación temporal**

La investigación se realizó en el periodo de Marzo - Diciembre, previo a la participación en el panamericano de pentatlón moderno México 2014.

### **1.5.2. Delimitación espacial**

La presente investigación se realizó en la ESMIL en la pista atlética ubicada en el sector de Parcayacu a 2600m sobre el nivel del mar.

### **1.5.3. Delimitación de las unidades de medición**

La selección de pentatlón moderno del Ecuador.

## **1.6. Justificación e importancia**

Mediante esta investigación se podrá determinar indicadores fisiológicos importantes como el intercambio de gases pulmonares la acumulación de lactato y el comportamiento de la frecuencia cardiaca de cada uno de los deportistas, sus datos promedios del equipo durante el proceso de entrenamiento y así elevar el nivel de eficiencia de los procesos de control del entrenamiento deportivo para la prueba combinada, para así analizar los datos obtenidos, y poder crear estadísticas y un banco de datos que servirán para futuros controles y a su vez seguimiento en el entrenamiento y también para crear registros para las futuras generaciones deportivas, entrenadores, instituciones deportivas de nuestro país, mejorando el nivel de rendimiento deportivo de nuestros atletas y así lograr excelentes resultados deportivos a nivel nacional y mundial.

Conocer y analizar a cada deportista en su condición física, es la pauta para determinar una correcta programación y aplicación de los entrenamientos en cada fase de su periodo que se encuentre con sus cargas y volúmenes adecuados.

A lo largo del tiempo se ha venido utilizando procedimientos empíricos para obtener datos de la condición física de los deportistas basados en frecuencia cardiaca, vo2 máximo, etc., los mismos, al no ser resultados exactos contribuirán a un déficit en los procesos de entrenamiento.

Con esta investigación vamos a conocer a través de nuevas tecnologías como determinar y realizar un correcto análisis del comportamiento de la frecuencia cardiaca que se producen durante el entrenamiento que realiza un deportista, a través de datos reales, los mismos que son la base para llevar una correcta planificación y controles adecuados en los procesos de entrenamiento.

## **1.7. Cambios esperados**

Con este proyecto se quiere alcanzar los siguientes cambios:

- Mejorar el sistema de entrenamiento del equipo de pentatlón moderno.
- Mejorar el rendimiento deportivo de los atletas, por medio de la aplicación de los diferentes test que ayuden a estructurar correctamente las zonas de entrenamiento.
- Obtener un rendimiento óptimo en los juegos panamericanos México 2014.

## **1.8. Objetivos**

### **1.8.1. Objetivo general**

Determinar el comportamiento e indicadores de intensidad en la prueba combinada de Pentatlón Moderno de la selección del Ecuador.

### **1.8.2. Objetivos específicos**

- Analizar el comportamiento del intercambio gaseoso en los deportistas de la selección de pentatlón moderno del Ecuador.
- Analizar el comportamiento cardiaco en los deportistas de la selección de pentatlón moderno del Ecuador.
- Analizar el comportamiento del ácido láctico en los deportistas de la selección de pentatlón moderno del Ecuador.
- Determinar las zonas de entrenamiento individuales en los deportistas de la selección de pentatlón moderno del Ecuador.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Esquema del marco teórico.**

Nuestra investigación lo realizaremos con el equipo de pentatlón moderno del Ecuador monitoreando y recolectando datos correspondientes a; comportamiento de la frecuencia cardiaca, mediante el pulsímetro, el intercambio de gases respiratorios, con la maquina V2000, y análisis de lactato para así determinar las zonas de entrenamiento adecuadas para cada deportista.

Lo que se propone es demostrar científicamente, cuál es el comportamiento de la frecuencia cardiaca, el intercambio de gases respiratorios y lactato en los diferentes entrenamientos de la prueba combinada, y realizar una correlación entre ellos, y con esto aportar a los entrenadores con las bases científicas necesarias para mejorar el rendimiento deportivo en cada deportista.

La investigación se sustentara con las siguientes fuentes bibliográficas:

- Expertos en la temática.
- Bibliografía Especializada.
- Información de páginas de Internet.
- Proyectos y Tesis afines al tema de investigación.

### **2.2. Ácido Láctico.**

#### **2.2.1. Definición**

Es un Acido Orgánico ( $C_3H_6O_3$ ) producto final del metabolismo anaerobio (en ausencia de oxígeno) de la glucosa o el glucógeno. Durante el ejercicio la contracción muscular produce ácido láctico cuando el aporte de oxígeno es insuficiente para satisfacer las necesidades de energía. La

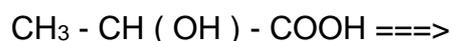
acumulación de ácido láctico en la sangre y los músculos es el factor más común que limita la actividad muscular.

En la sangre existen sustancias tampones (buffers) que pueden neutralizar los ácidos. Estos tampones sanguíneos comúnmente conocidos como reservas alcalinas, por ejemplo el bicarbonato de sodio neutralizan gran parte del ácido láctico durante el ejercicio.

### 2.2.2. Su análisis químico consta:

Ácido orgánico con dos grupos funcionales: ácido carboxílico y alcohol en posición alfa respecto al grupo ácido.

Presenta esta fórmula estructural:



\* Fórmula molecular:  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

\* Masa molecular: 90 u

### 2.2.3. Nomenclatura

\* Oficial: Ácido 2-hidroxi-propanoico o ácido  $\alpha$ -hidroxi-propanoico

\* Usual: Ácido láctico

El término *láctico* es origen latín (leche)

### 2.2.4. Historia y reacción química:

El ácido láctico fue descubierto por primera vez por Scheele en 1780, cuando intentaba aislarlo de leche ácida. En el siglo XIX Berzelius (1807) demostró su presencia en el tejido muscular animal y humano, ([es.wikipedia.org/wiki/Ácido\\_láctico](https://es.wikipedia.org/wiki/Ácido_láctico)).

El ácido láctico es producido por glicólisis: degradación de los carbohidratos a ácidos por un proceso de fermentación.

1 mol de glucosa 2 mol de ácido láctico

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_3H_6O_3$

El ácido láctico es un producto del metabolismo anaeróbico en los músculos. La desaparición de glucógeno y la formación de ácido láctico son factores relacionados, pues en ausencia de oxígeno, la cantidad de dicho ácido equivalente exacto del glucógeno que desaparece. Como la desintegración del glucógeno a ácido láctico no requiere oxígeno, y como produce energía rápidamente, se aceptó en un tiempo que esta reacción era la causa de una contracción muscular. En presencia de oxígeno, el músculo oxida aproximadamente un quinto del ácido láctico, para su conversión en bióxido de carbono y agua; la energía liberada por esta oxidación se emplea para convertir los otros cuatro quintos del ácido láctico en glucógeno. Esto explica que el ácido láctico no se acumule en tanto el músculo disponga de oxígeno suficiente y también que el músculo se fatigue con más rapidez (o sea que gaste su glucógeno y acumule ácido láctico) al contraerse en presencia de oxígeno.

El ácido láctico es producido cuando el suministro de energía aeróbica es menor que la demandada por el cuerpo, lo cual genera una acumulación de ácido en el músculo produciendo fatiga durante un periodo de ejercitación muscular.

#### **2.2.5. Origen del lactato en el deportista.**

La fuente primaria del lactato es la descomposición de un carbohidrato llamado glucógeno. El glucógeno se descompone y se convierte en una sustancia llamada piruvato y durante este proceso produce energía. Muchas veces nos referimos a este proceso como energía

anaeróbica porque no utiliza oxígeno. Es el sistema de producción de energía inicial cuando se realiza un esfuerzo físico de intensidad, ya que el sistema aeróbico posteriormente inicia la producción de energía

Cuando se produce el piruvato, la célula muscular tratará de utilizarlo para energía aeróbica. Cuando incrementamos la intensidad de nuestro ejercicio o nuestras actividades de trabajo, se producen grandes cantidades de piruvato rápidamente. Debido a que el piruvato puede ser rápidamente producido, no todo es utilizado para energía aeróbica. El exceso del piruvato se convierte en lactato.

Existe otra razón por cual se produce más lactato cuando se incrementa la intensidad del ejercicio, se reclutan cantidades adicionales de fibras musculares. Estas fibras se utilizan con poca frecuencia durante el descanso o las actividades ligeras. Muchas de estas fibras son fibras de "contracción rápida". Las fibras de "contracción rápida" no tienen mucha capacidad de convertir el piruvato en energía aeróbica. Por lo tanto, mucho del piruvato se convierte en lactato.

#### **2.2.6. Comportamiento del lactato en el deportista**

En primer lugar, cuando se produce el lactato, él trata de salir de los músculos y entrar en otros músculos cercanos, el flujo sanguíneo o el espacio entre las células musculares donde hay una concentración menor de lactato. Puede acabar en otro músculo cercano o en algún otro lugar del cuerpo.

En segundo lugar, cuando el lactato es aceptado por otro músculo, probablemente será convertido nuevamente en piruvato y será utilizado para energía aeróbica. El entrenamiento incrementa las enzimas que rápidamente convierten el piruvato en lactato y el lactato en piruvato. El lactato también puede ser utilizado por el corazón como combustible o puede ir al hígado y ser convertido nuevamente en glucosa o glucógeno.

Ordinariamente, un músculo que puede utilizar el piruvato para energía lo obtendrá del glucógeno almacenado en el músculo. Sin embargo, si hay un exceso de lactato disponible en el flujo sanguíneo o los músculos cercanos, mucho de este lactato será transportado al músculo donde será convertido en piruvato. El lactato también circula en el flujo sanguíneo y puede ser colectado por otros músculos en otras partes del cuerpo. Algunos de los músculos que eventualmente utilizarán el lactato pueden estar relativamente inactivos, por ejemplo, los brazos de un corredor.

### **2.2.7. Efectos nocivos que se produce en el deportista**

La contracción muscular intensa está acompañada de un incremento del contenido de agua del músculo distribuido en los espacios intra y extracelulares. Esta afluencia de agua puede modificar la concentración de iones en ambos compartimentos. El resultado de estos cambios en la concentración iónica intracelular motivados por el ejercicio físico intenso, será una reducción de la diferencia de concentración de iones, con el consiguiente aumento de la concentración de iones de hidrógeno intracelular, produciendo acidosis (McKenna, 1992). Esta acidosis influye de forma clara en la fatiga muscular, afectando la función contráctil proteínica, la regulación del calcio y el metabolismo muscular.

Por otra parte, y dado que las demandas metabólicas del ejercicio de alta intensidad son cubiertas en primer lugar mediante la degradación de la glucosa, este proceso produce ácido láctico, con el consecuente descenso del pH de los músculos que se ejercitan (Edington y cols., 1976). La fatiga muscular, pues, está asociada a un rápido incremento en la producción de ácidos metabólicos. La tolerancia al ejercicio de alta intensidad puede estar limitada por la capacidad del organismo para amortiguar el descenso del pH intracelular (músculo) y extracelular (sangre), esto es, el sistema buffer intrínseco.

### 2.2.8. Medición del lactato en los deportistas

Generalmente se utiliza una muestra de sangre para medir el lactato, aunque algunos investigadores han tomado muestras del músculo y han medido el lactato en el músculo mismo.

La medición de lactato tiene dos usos muy importantes.

PRIMERO, el lactato es una de las mejores señales para el éxito en el entrenamiento. Existen tres mediciones de lactato que se deben observar.

El sistema aeróbico - Una de las mejores mediciones del sistema aeróbico es el nivel de velocidad o esfuerzo en el umbral de lactato. Otro método sería utilizar un punto de referencia fijo de lactato, como 4.0 mmol/l. Muchos programas miden el esfuerzo o la velocidad que se necesita para producir 4.0 mmol/l y mantienen un registro de esto a lo largo del tiempo. Mientras mayor sea la velocidad o el esfuerzo para producir esta cantidad de lactato, más eficiente es el sistema aeróbico.

El sistema anaeróbico - se ha aceptado el nivel máximo de lactato como una medición de cuánta energía produce el sistema anaeróbico. Cuando un atleta está trabajando en su máximo esfuerzo, él o ella generarán mucho lactato. El sistema anaeróbico es más poderoso si está produciendo más lactato en un nivel máximo de esfuerzo. Por lo tanto, el lactato sanguíneo durante un máximo esfuerzo es una buena medida de la cantidad de energía que el sistema anaeróbico ha sido entrenado a producir. Por ejemplo, si un atleta ha incrementado el lactato producido después de un esfuerzo máximo de 10,0 mmol/l a 13,0 mmol/l, entonces este atleta completará su carrera con un tiempo más rápido.

La Relación Entre el Sistema Anaeróbico y el Sistema Aeróbico esta medida es muy importante pero es menos conocida como una señal de adaptación atlética. La única manera en cual se puede medir esta propiedad es mediante una prueba de ejercicio graduado. Es la tasa en cual el lactato

se acumula en la sangre mientras la intensidad del ejercicio se incrementa. Dependiendo del evento, esta medida puede ser tan importante como las primeras dos descritas arriba. Dos atletas, mientras incrementan la intensidad, pueden generar incrementos en niveles de lactato sanguíneo a tazas muy diferentes. Para cualquier evento atlético que requiere de un componente anaeróbico sustancial, mientras más lentamente se acumula el lactato en el cuerpo, mejor será el desempeño atlético. Dos atletas que encuentran que sus primeras dos mediciones son iguales, pero que difieren en cuanto a la tasa en cual el lactato se acumula en la sangre, obtendrán diferentes resultados en cuanto a su desempeño. El atleta que acumula el lactato en una tasa más lenta generalmente se desempeñará con mayor velocidad.

SEGUNDO, el lactato es la mejor medición disponible para medir la intensidad de una sesión de entrenamiento. El lactato sanguíneo es una indicación de que el sistema aeróbico no puede soportar la carga de ejercicio. Por lo tanto, el nivel de lactato indica cuánta presión la sesión está imponiendo sobre el sistema aeróbico. El entrenador debe asegurar que la sesión de entrenamiento produce el nivel apropiado de estrés en el sistema, ni demasiado, ni muy poco.

Semejantemente, si el entrenador quiere presionar el sistema anaeróbico, producir sesiones de tolerancia al lactato, etc., la cantidad de lactato producido es una indicación del éxito de una sesión de entrenamiento.

### **2.3. Acumulación del ácido láctico en los músculos**

La teoría de que la acumulación del ácido láctico en el músculo limita la actuación muscular y ha sido ampliamente sostenida desde el año 1935. Hay varias razones por las que esa idea ha alcanzado gran popularidad. En la mayoría de los trabajos intensos la fatiga está asociada con los altos niveles de ácido láctico, y la tasa de acumulación de los ácidos lácticos y

pirúvico en los músculos que trabajan está íntimamente relacionada a la intensidad de las contracciones. Esta relación está mostrada en la figura 1, ella demuestra que el tiempo que se puede sostener una contracción isométrica disminuye con el aumento de la carga y la proporción de la acumulación de ácido láctico en el músculo. Otra evidencia que apoya la idea de que el ácido láctico u otra sustancia “tóxica” conducen a la fatiga es que los músculos fatigados de los animales de laboratorio pueden comenzar a contraerse de nuevo si son bañados o lavados con una solución de sal fresca después de que se haya desarrollado la fatiga. Como que el ácido láctico es el componente predominante de la sangre <toe diferencia entre los músculos fatigados y descansados, se ha concluido que este lavado del músculo elimina el exceso de ácido láctico.

El razonamiento de que la acumulación de ácido en los músculos causa fatiga se apoya en el efecto de disminución del pH (acidez aumentada) en las contracciones musculares. Hay alguna evidencia de que la formación de puentes cruzados de actina-miosina pueden ser inhibidos por un pH bajo.

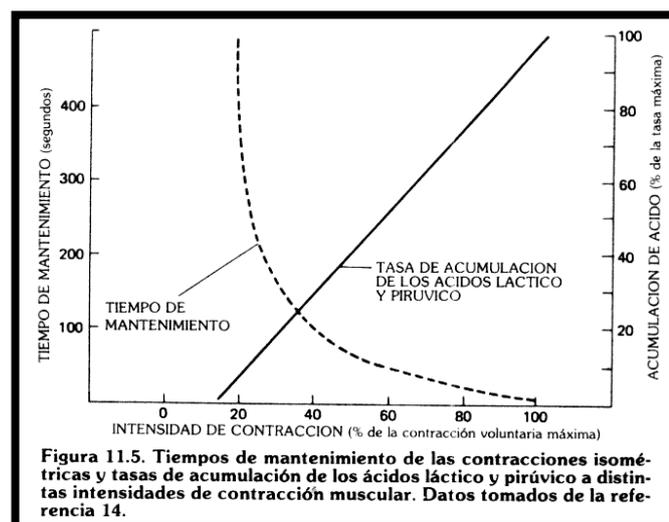


Figura 1. Mantenimiento del ácido láctico, Fuente: Resistencia y entrenamiento una metodología práctica de Mariano García Verdugo (2007)

Además, varias enzimas del metabolismo energético pueden ser inhibidas por exceso de ácido. Como que el pH del músculo puede caer desde un valor de descanso de alrededor de 7,0 a un valor de ejercicio máximo de alrededor de 6,5 o menos, es concebible que la fosforilasa o la fosfofructokinasa importantes enzimas de la glucólisis, o algunas y otras enzimas pueden ser inhibidas por la acumulación de ácido láctico. En resumen, los estudios de las biopsias apoyan la hipótesis de que la actividad de la fosfofructokinasa es inhibida con ejercicios intensos. También se ha demostrado que el exceso de acidez puede interferir con la transmisión del estímulo nervioso a través de la unión neuromuscular. De ahí que la idea de que el ácido láctico puede ser un agente causal de la fatiga muscular tiene por lo menos una base técnica muy buena. Sin embargo, hay algunos datos distintos que no encajan dentro del esquema del ácido láctico.

¿El lactato es algo sobre cual un atleta debe preocuparse?

Definitivamente y por dos razones importantes.

Primero, si los atletas pueden producir menos lactato o despejar el lactato más rápidamente de sus músculos, el proceso reducirá los iones de hidrógeno problemáticos que inhiben su desempeño.

Segundo, para los eventos que duran menos de 10 minutos (por ejemplo, la natación, el remo, el ciclismo en pista, el patinaje, y muchos eventos de correr), la habilidad de producir grandes cantidades de energía hacia el final del evento es crítica para el éxito. El lactato sanguíneo es una indicación de cuánta energía ha sido generada. Por lo tanto, una de las mejores maneras para probar si el atleta ha generado niveles altos de energía hacia el final de un evento, es medir los niveles de lactato en la sangre después de un esfuerzo máximo. Mientras más alto, mejor.

(Enciclopedia general del ejercicio". Michael J. Alter, Roger Apolinaire y otros; Editorial Paidotribo. 1990.)

## 2.4. Metabolismo del ácido láctico

Para estudiar el metabolismo del ácido láctico, hay que referirse, sin duda, al clásico estudio de Cori, en el que demostró que el lactato se produce como resultado de la anaerobiosis celular, de la oxidación ordinaria de la glucosa en la célula, o de ambos procesos.

### 2.4.1. Producción del lactato en reposo

Es difícil valorar la producción de lactato en reposo, sobre todo teniendo en cuenta el concepto de tasa de renovación metabólica, que podría enmascarar los cambios de producción manteniendo unos niveles normales de lactato en sangre, al aumentar su eliminación. El lactato se produce siempre, incluso en sujetos sanos en reposo y bien oxigenados.

En condiciones basales de reposo, se produce una cantidad de lactato suficiente como para mantener una concentración de 0.7 - 1 mm/l en sangre.

En el hombre, se han cuantificado recientemente las tasas de producción de lactato en reposo a diferentes niveles:

**Tabla 1. Tasas de Producción de Lactato**

Músculo esquelético	3.13 mm/h/kg.
Cerebro	0.14 mm/h/kg.
Serie roja	0.18 mm/h/kg.
Médula renal	0.11 mm/h/kg.

Según estos datos, un sujeto de 70 Kg de peso tendría una producción total en reposo de unos 1300 mm/día.

### **2.4.2. Producción de lactato en ejercicio**

El lactato es el producto final de la glicólisis proveniente del piruvato, cuando la cantidad de oxígeno celular disponible es limitada. El lactato arterial aumenta significativamente durante el ejercicio realizado por encima de un consumo de oxígeno específico.

Se ha demostrado una correlación directa entre el consumo de oxígeno y la acumulación de lactato. En condiciones nutricionales y metabólicas normales, el lactato se forma en el músculo esquelético bajo las siguientes condiciones:

- Al inicio del ejercicio, cuando el sistema porta oxígeno, intenta aceleradamente establecer un equilibrio con las demandas energéticas del trabajo realizado. El lactato que se forma es consecuencia del proceso de obtención de energía, en forma de ATP, de los deportes eminentemente anaerobios.
- Durante el ejercicio estable, en el cual predomina la vía aerobia, el lactato puede ser liberado de ciertos músculos activos hacia la sangre, acumulándose o no en función de la intensidad del ejercicio. Parte del piruvato obtenido en estas condiciones se desvía hacia el lactato constituyendo el llamado "exceso de lactato".

### **2.4.3. Acumulación de lactato**

El aumento de los niveles sanguíneos de lactato depende del balance entre la producción (Lp) y el catabolismo (Lc). Durante el ejercicio el Lp depende casi totalmente del lactato derivado de la contracción muscular, mientras que el Lc depende de la tasa de utilización del lactato en la gluconeogénesis hepática y en los tejidos que no están sintetizando lactato (principalmente músculo esquelético).

La tasa media de eliminación del lactato en sangre es de 15 min. Aproximadamente si el individuo está en reposo durante la recuperación, independiente de la concentración máxima al menos en el rango de 4 a 16mM.

El lactato sanguíneo depende del nivel de lactato en músculo, y a su vez los niveles musculares dependen de:

- La glicólisis, cuando la mitocondria no puede utilizar el piruvato (pocas mitocondrias / baja capacidad glicolítica).
- El mecanismo facilitador en la membrana mitocondrial, que normalmente oxida en NAD reducido en el citosol y transfiere protones y electrones a las enzimas mitocondriales para una eventual combinación con el O<sub>2</sub>.

Las variaciones pequeñas en la concentración de lactato intracelular en intensidades bajas de trabajo probablemente dependen de la aceleración del proceso glicolítico, con el aumento de la concentración de piruvato. Los cambios mayores en la concentración de lactato intracelular, por encima del umbral parecen, están determinados por la disponibilidad de O<sub>2</sub> y con la variación del estado de óxido reducción intracelular.

Respecto al entrenamiento, estudios realizados en individuos sanos sedentarios manejados con programas de acondicionamiento donde solo cambió la intensidad del trabajo en los diferentes grupos, mostraron mejoría del rendimiento sin diferencia significativa entre los grupos. Aparentemente esto podría ser diferente para los deportistas de alto rendimiento, o para individuos con un alto grado de acondicionamiento, donde son importantes los cambios estructurales y funcionales derivados del entrenamiento por debajo del estado de acumulación creciente de lactato.

#### **2.4.4. Eliminación de lactato**

Se calcula que aproximadamente un 50-60% del lactato producido es metabolizado en el hígado, donde se difunde libremente a través de la membrana celular del hepatocito y se transforma de inmediato en piruvato a través de la reacción lactato-deshidrogenasa NAD dependiente. Esta reacción que representa la entrada del lactato en la vía gluconeogénica, es una reacción continua y catalizada por la piruvato-carboxilasa, que dará lugar al fosfoenolpiruvato a partir del oxalacetato.

De acuerdo al concepto clásico aproximadamente el 20% del lactato producido durante el ejercicio se reoxida a piruvato y luego se desanima a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, y el lactato remanente es tomado por el hígado para formar glucosa que puede ser reconvertida a glucógeno o liberada en la sangre.

(Fisiología del Ejercicio”, Respuestas y Adaptaciones, David R. Lamb. 2009)

### **2.5. Sistemas energéticos**

#### **2.5.1. ATP ( Adenosin Trifosfato)**

El estudio del como la energía llega a producir la contracción muscular, es fundamental ya que la energía liberada durante la desintegración de los alimentos no es utilizada directamente en este trabajo, sino que se utiliza para fabricar un químico llamado ADENOSINTRIFOSFATO o ATP que se almacena en todas las fibras musculares y solamente con la energía liberada al desintegrarse el ATP se produce la contracción muscular.

La estructura del A.T.P. es muy compleja, se forma por la adenosina y tres grupos de fosfatos.

Los enlaces del grupo fosfatos son enlaces de alta energía, se libera entre 7 a 12 kilocalorías de energía por cada mol. de A.T.P., que es utilizada por la

célula muscular para su trabajo, las células nerviosas para su conducción nerviosa, las células de secreción etc., formando A.D.P. + P. Fig. 2.

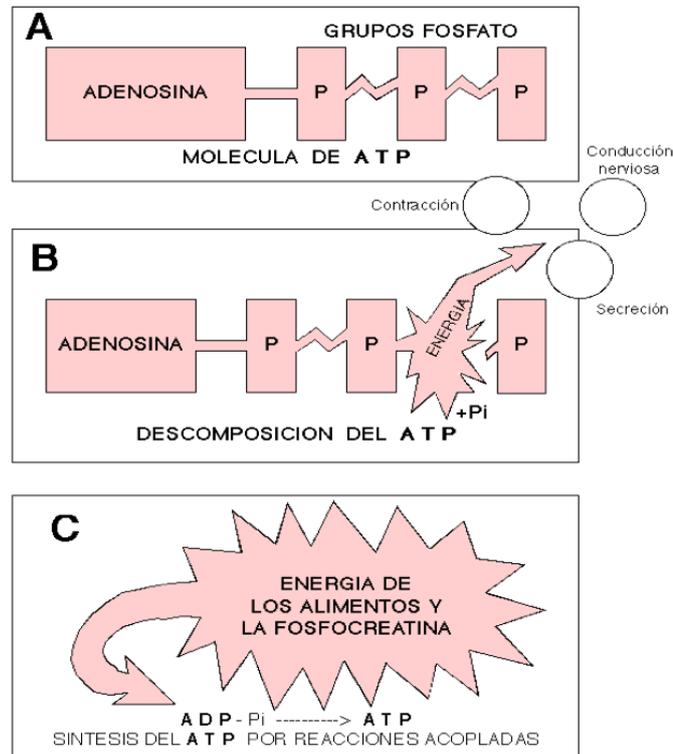


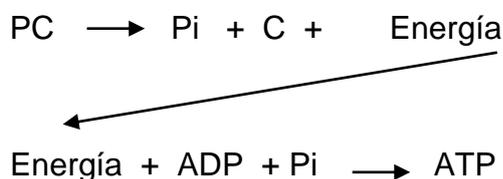
Figura 2. El ATP. Resistencia y entrenamiento deportivo metodología práctica de Mariano García Verdugo (2007).

Figura 2. A. El ATP es una gran molécula formada por Adenosina y tres grupos fosfato. B. La energía liberada del ATP es utilizada en el trabajo biológico. C. La energía para la re síntesis del ATP proviene de la descomposición de los alimentos y de la fosfocreatina. Esta energía se acopla con las necesidades energéticas de la reacción que re sintetiza el ATP.

## 2.5.2. Tipos de fuentes energéticas

### 2.5.2.1. Sistemas ATP-PC (Anaeróbica-Aláctica o de fosfatos)

La fosfocreatina (PC) conjuntamente con el A.T.P. es almacenado en las células musculares. Al desintegrarse la PC en Creatina (C) y fosfato (P), se libera energía que es utilizada inmediatamente en la re síntesis de ATP; con la misma rapidez que se desintegra el A.T.P., se re sintetiza utilizando la energía de la PC por ello es reacción acoplada.



Esta reacción acoplada precisa de enzimas para acelerar el proceso de cada reacción. La PC se restituye utilizando la energía de A.T.P. cuando el ejercicio ha terminado, es decir en la recuperación que será tema de otro capítulo. La energía de A.T.P. total disponible partiendo del Sistema de los fosfatos es de 5.7. A 6.9. kcal como se explica en el cuadro.

**Tabla 2. Tabla del cálculo de energía ATP**

CALCULO DE LA ENERGIA DISPONIBLE EN EL CUERPO A TRAVÉS DEL SISTEMA DE LA FOSFOCREATINA (ATP-P)			
1. CONCENTRACION MUSCULAR	ATP	PC	FOSFATO TOTAL (ATP-PC)
a.- mM/kg de músculo	4-6	15-17	19-23
b.- mM para masa muscular	120-180	450-510	570-690
2. ENERGIA UTIL			
a.- mM/kg de músculo	0.04 - 0.06	0.15 - 0.17	0.19 - 0.30
b.- mM para masa muscular	1.20 - 1.80	4.50 - 5.10	5.70 - 6.90

En el cuadro 2.1 se observa que la PC tiene una concentración de almacenamiento más elevado que el A.T.P., concluyéndose que la función de PC es la de suministrar energía para formar ATP. Además un (mM) milimol es una unidad de medida que expresa la cantidad y tipos de átomos que forman un compuesto químico que libera de 7 a 12 kcal de energía.

Se observa que solo de 570 a 690 m de fosfatos son almacenados en la masa muscular total del cuerpo. Suponiendo que un hombre de 70 kg. tiene alrededor de 30 kg. de masa muscular. Si se produce de 7 a 12 kcal por mol de A.T.P. y si por cálculo admitimos 10 kcal; se concluye que de 5.7 a 6.9 kcal se produce por el sistema de la fosfocreatina que no representa mucha energía para ser usada en el ejercicio.

En el sistema anaerobio aláctico, el ATP de reserva en el músculo se utiliza directamente desde el principio del ejercicio. Este proceso se desarrolla sin utilización de O<sub>2</sub> y sin producción de residuos, la duración de este esfuerzo varía de unos autores a otros, por ejemplo:

- Astrand plantea un máximo de 10 a 15 segundos.
- Fox y Matheus de 10 segundos.
- Zatciavski de 3 a 8 segundos.
- Rodríguez en 6 segundos, comprobado a 2800 mt. de altura

La frecuencia cardíaca al finalizar el esfuerzo en este sistema es de 180 p/m; sin embargo, en una actividad de este tipo la frecuencia cardíaca puede superar las 180 p/m y la misma depende de la edad biológica, edad deportiva, sexo, y la etapa de entrenamiento en que se encuentra el atleta. Esto último se refiere a que en la etapa especial se deben obtener frecuencias cardíacas menores que en la etapa general, debido al aumento de la capacidad de trabajo de los atletas.

Este sistema es la fuente de A.T.P. más rápida disponible para ser usada ya que no tiene una serie larga de reacciones químicas, no depende

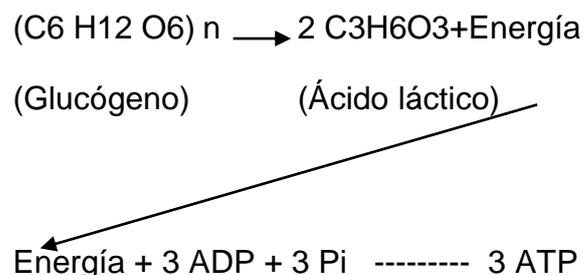
del transporte de O<sub>2</sub> y tanto el A.T.P. como la PC están almacenados directamente dentro de los mecanismos contráctiles de los músculos.

### 2.5.2.2. Sistema anaeróbico láctico o glucólisis

La glucólisis anaeróbica, es un sistema en que el A.T.P. es sintetizado dentro del músculo; es una desintegración incompleta de los carbohidratos en ácido láctico, de ahí el nombre de "Sistema de ácido láctico". En el cuerpo todos los carbohidratos son transformados en glucosa y esta puede ser utilizada o almacenada en el hígado y en los músculos para su utilización.

Como producto de la glucólisis anaeróbica, se produce el ácido láctico que se acumula en los músculos y en la sangre, produciendo la fatiga cuando sus niveles son elevados.

La glucólisis anaeróbica es más compleja que el sistema de los fosfatos, requiere de 12 reacciones químicas para la producción de A.T.P. Estas reacciones toman el nombre de ciclo de Embden – Meyerhof. El glucógeno es desintegrado a glucosa y luego a ácido pirúvico que en ausencia de oxígeno forma el ácido láctico, durante estas reacciones se libera energía que es utilizada en la formación de A.T.P. por reacciones acopladas, cada reacción necesita una enzima. Se producen solamente tres moles de ATP, por cada mol o 180 gr. de glucógeno en ausencia de O<sub>2</sub>; cuando está presente, se produce 39 moles de A.T.P. por la misma cantidad.



En la práctica no se produce tres moles de A.T.P por la glucólisis anaeróbica, ya que en el ejercicio exhaustivo, los músculos y la sangre no toleran más de 60 a 70 gramos de ácido láctico antes de llegar a la fatiga. Si se desintegran anaerómicamente 180 gr. de glucógeno se producen 180 gr. de ácido láctico y 3 moles de ATP, como solo se producen entre 60 y 70 gr. de ácido láctico solamente entre 1 y 1,2, mol de ATP se producirán por la glucólisis anaeróbica.

Este sistema suministra A.T.P. relativamente rápido entre 6 segundos y 3 minutos del sistema de los fosfatos y de la glucólisis anaeróbica. En el sistema Anaerobio láctico la frecuencia cardíaca puede estar por encima de 190p/m.

El lactato se produce siempre, aun en estado de reposo. Sin embargo, su producción aumenta al inicio de un ejercicio físico cuando el organismo intenta aceleradamente establecer un equilibrio según las demandas energéticas del trabajo realizado.

Aumenta en forma importante en los ejercicios físicos intensos de corta duración, como por ejemplo: los deportes de velocidad (atletismo 100 y 200 metros); los deportes de fuerza y en ejercicios como trotar y montar en bicicleta.

Cuando se aumenta la duración del esfuerzo y las reservas de fosfageno están gastadas, la energía debe suministrarse por Glucólisis, es decir degradación de la glucosa que produce ácido pirúvico, el cual se transforma en láctico siendo este el producto final.

**Tabla 3. Tabla de energía disponible en el cuerpo.**

CALCULO DE ENERGIA DISPONIBLE EN EL CUERPO A TRAVES DE LA GLUCOLISIS ANAEROBICA (SISTEMA DEL ACIDO LACTICO)		
	Por Kg. de músculo	Masa muscular total
1. Tolerancia máxima al Ácido Láctico (gramos)	2.0 – 2.3	60 - 70
2. Formación de ATP (milimoles)	33 - 38	1000 – 1200
3. Energía útil (kilocalorías)	0.33 – 0.38	10.00 – 12.00

Se observa en el cuadro que el organismo tolera de 60 a 70 gr. de ácido láctico, lo que produce de 1 a 1.2 mol (1000 a 1200 milimoles). Si cada mol produce 10 kcal, concluimos que se produce de 10 a 12 kcal, es decir aproximadamente el doble del sistema ATP-PC.

La glucólisis anaeróbica se caracteriza por:

- Formación de Ac. Láctico: produce la fatiga muscular.
- No requiere la presencia de oxígeno.
- Utiliza solo carbohidratos como combustible.
- Libera energía para pocos moles de A.T.P.

### 2.5.2.3. Fuentes aeróbicas de ATP

En presencia de O<sub>2</sub>, 1 mol ó 180 gr. de glucógeno se desintegra en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O y libera 39 moles de ATP. El metabolismo aeróbico mejor produce, pero es el más complicado, hay centenares de reacciones que se realizan en las mitocondrias que se encuentran en considerable número en los músculos esqueléticos.

En el sistema aeróbico 3 series principales de reacciones:

**2.5.2.3.1. Glucólisis**

Es la desintegración de la glucosa en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, pero en presencia de O<sub>2</sub> que no permite la acumulación de ácido láctico y la resíntesis de A.T.P. se realiza ilimitadamente. Fig. 2.3. El O<sub>2</sub> desvía el precursor de ácido láctico que es el ácido pirúvico al sistema aeróbico, después de que se re sintetizó ATP. Durante la glucólisis aeróbica 1 mol de glucógeno produce dos moles de ácido pirúvico liberando energía suficiente para re sintetizar 3 moles de ATP.

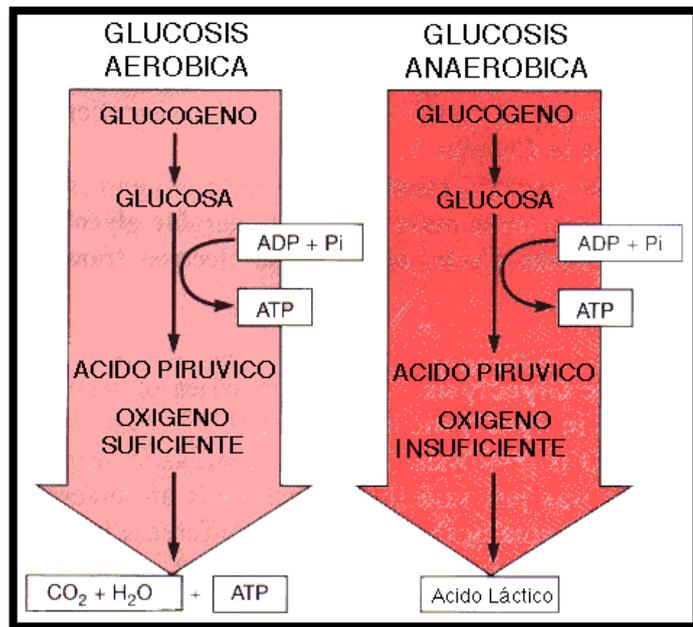
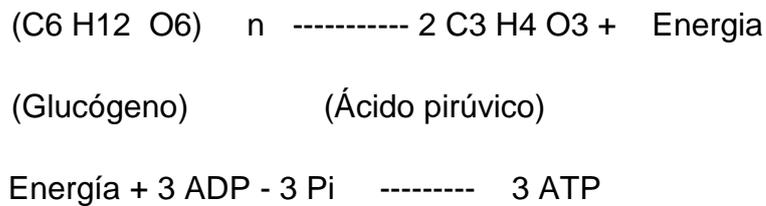


Figura 3. Glucosas aeróbica y anaeróbica Resistencia y entrenamiento deportivo de metodología práctica de Mariano García Verdugo (2007).

### 2.5.2.3.2. Ciclo de Krebs.

El ácido pirúvico formado en la glucólisis aeróbica es desintegrado, en el ciclo de Krebs hay producción de  $\text{CO}_2$  y oxidación.

El  $\text{CO}_2$  pasa a la sangre y se elimina por los pulmones; la oxidación que es la remoción de los electrones de un compuesto químico, en este caso se remueve los átomos de hidrógeno.

La producción de  $\text{CO}_2$  y la remoción de electrones en el ciclo de Krebs se relacionan así:

El ácido pirúvico contiene carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O). Cuando el Hidrógeno es removido, quedando Carbono y Oxígeno es decir los componentes del bióxido de carbono. De esta forma en el ciclo de Krebs el ácido pirúvico es oxidado produciendo  $\text{CO}_2$ . Fig. 4.

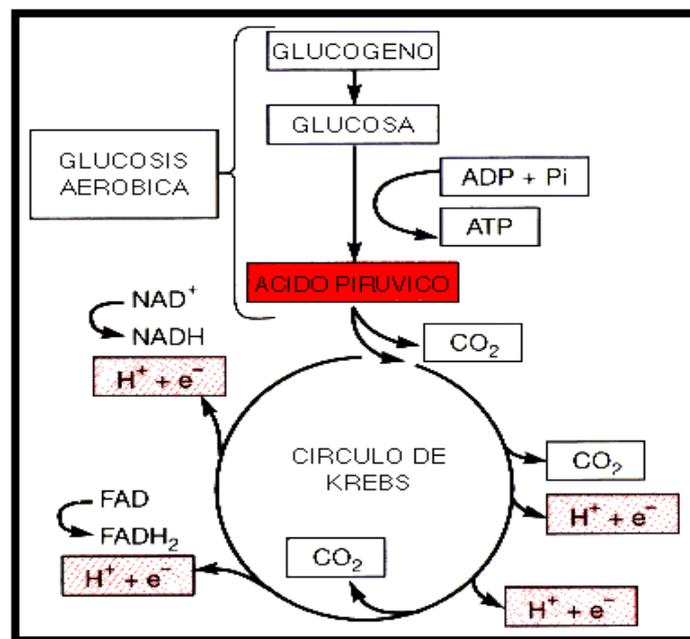


Figura 4. Ciclo de Krebs, Resistencia y entrenamiento deportivo de metodología práctica de Mariano García Verdugo (2007).

### 2.5.2.3.3. Sistema de transporte de electrones.

Como producto final de la desintegración del glucógeno se produce agua a partir de los iones Hidrógeno con los electrones que son removidos en el ciclo de Krebs y del O que respiramos, estas reacciones se llaman sistema de la cadena respiratoria:



A medida que los electrones son removidos en la cadena respiratoria, se libera energía y se re sintetiza el ATP. Por lo tanto de los 39 moles de ATP producidos en el metabolismo aeróbico, la mayor parte es producida por el sistema de transporte de electrones con formación de agua simultáneamente. (Fig. 5.)

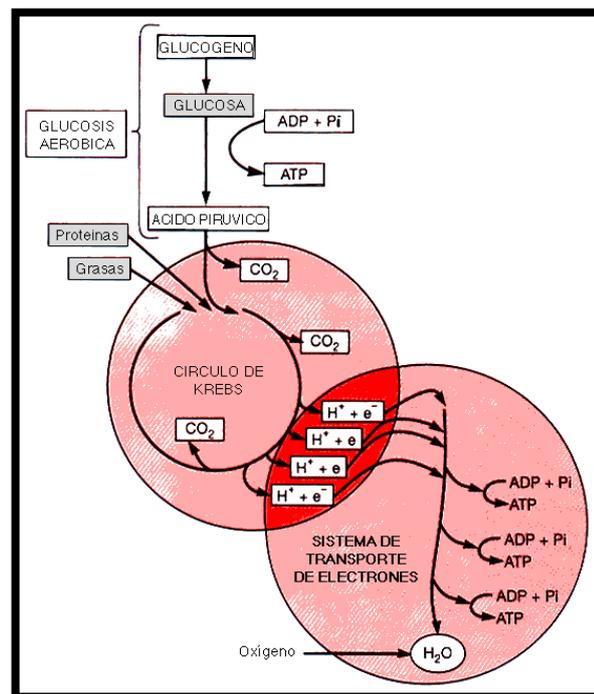


Figura 5. Sistema de transporte de Electrones, Resistencia y entrenamiento deportivo de metodología práctica de Mariano García Verdugo (2007).

Figura 5. Sistema aeróbico. El glucógeno se oxida en: a.- La glucólisis aeróbica, que forma ácido pirúvico con síntesis de 3 ATP; b.- El ciclo de Krebs que produce CO<sub>2</sub> y remoción de H<sup>+</sup> y e<sup>-</sup>; c.- El sistema de transporte de electrones, que forma agua de los H<sup>+</sup> y e<sup>-</sup> con el O<sub>2</sub> de la respiración formando ATP. Las proteínas y grasas, cuando son utilizadas como combustibles, para la re síntesis de ATP, también pasan por el ciclo de Krebs y por el sistema de transporte de electrones.

## 2.6. Frecuencia cardíaca

La frecuencia cardíaca aumenta en proporción al incremento de la intensidad del ejercicio, aumentando así el gasto cardíaco y el aporte de oxígeno a la musculatura. Esta respuesta Fisiológica está regulada por diferentes factores. En primer lugar, diversas funciones del sistema cardiovascular, incluida la frecuencia cardíaca, están reguladas por nervios que tienen su origen en una zona del cerebro denominada bulbo raquídeo, cuya continuación es la medula espinal.

El corazón es estimulado por dos vías nerviosas procedentes de la médula: la vía simpática y la vía parasimpática. Los nervios parasimpáticos liberan una sustancia, la acetilcolina, que disminuye la frecuencia cardíaca. De esta manera, cuando una persona pasa del estado de reposo a la realización de un ejercicio de baja intensidad, el aumento que se produce en su frecuencia cardíaca desde unos 60 a 100 latidos por minuto se debe a una disminución en la estimulación parasimpática. Sin embargo, si esta persona aumenta la intensidad del ejercicio, el incremento de la frecuencia cardíaca máxima se produce gracias a la estimulación de la vía nerviosa simpática, que libera una sustancia denominada noradrenalina. Esta estimulación además de aumentar la frecuencia cardíaca, provoca un incremento en la fuerza de contracción del miocardio.

(Pablo Lopez de Viñaspre, Manual de Educación Física y Recreación Océano 2009)

### **2.6.1. Frecuencia cardiaca de reposo**

La frecuencia cardiaca en reposo son el número de pulsaciones mínimas que nuestro corazón puede dar cuando estamos tranquilos y relajados. Esta es un fantástico indicador de cansancio y fatiga, y cuando este indicador está alterado nos está avisando de que algo no va bien. El tener controlada nuestra *frecuencia cardiaca* nos dará una guía de cómo de bien o de mal estamos asimilando los entrenamientos, si debemos de descansar o si podemos apretar más en el entrenamiento del día. Escuchando nuestras pulsaciones en reposo podremos evitar caer en sobre entrenamiento. La mejor hora de tomar la frecuencia cardiaca en reposo es por la mañana, bien al levantarnos o justo antes de levantarnos. Lo importante es hacerlo siempre en las mismas condiciones y anotar el resultado.

Para que te hagas una idea de cómo se mide y qué parámetros puedes tomar de referencia, imagina que al levantarte por la mañana tú frecuencia cardiaca en reposo es de 60 pulsaciones por minuto. Si el día anterior entrenaste bien, una variación de entre 4 – 6 latidos podría ser indicador de que todo está normal. Levantarte con 64 – 66 pulsaciones por minuto puede ser normal. Si estás más alto de pulso, es muy probable que el entrenamiento del día anterior todavía no lo haya asimilado tu cuerpo debido a su dureza o intensidad. Las pulsaciones en reposo tan elevadas nos están dando un índice de fatiga aguda.

En estos casos la mejor opción es o bien descansar del todo, o bien hacer un descanso activo. En cualquiera de los casos, lo que está claro es que ese día te lo has de tomar de relax y tratar de evitar las altas intensidades a la hora de entrenar.

Este indicador fiable nos ayudará a tener controlado nuestro organismo, previniendo de esta manera el sobre entrenamiento.

La mejor manera de medir la frecuencia cardiaca en reposo es por la mañana en la cama, boca arriba y unos 5 minutos después de despertarnos, pero claro está, algunas mujeres o maridos nuestros no tienen la misma pasión por el deporte ni por el pulso matutino que nosotros, por lo que si no se despiertan a la misma hora nuestra y con el pulsímetro, o tratando de tomar el pulso en la muñeca o cuello, nos pueden decir algo que afecte el resto del curso del día...

Si crees que puedes tener problemas a la hora de buscar cada mañana el pulso matutino o la frecuencia cardiaca en reposo, levántate y siéntate en una silla. Espera un par de minutos y comienza la toma de la frecuencia cardiaca matutina.

### **2.6.2. Frecuencia cardiaca máxima**

Definiremos la Frecuencia cardiaca máxima, como el máximo valor que podemos alcanzar durante un ejercicio a tope hasta llegar hasta el agotamiento. (Wilmore & Costil, 2007).

El valor de la frecuencia cardiaca máxima es de carácter individual y por tanto sometida a múltiples factores (López Chicharro & Fernández, 2006);

- Edad.
- Sexo
- Condiciones ambientales
- Tipos de grupos musculares implicados
- Grado de entrenamiento
- Patologías.

Otros autores como (Whaley, 1992) incluyen otros aspectos como:

- Tabaquismo
- Peso

Tradicionalmente se ha estimado mediante fórmula 220-edad para chicos y 226-edad para chicas. Esta fórmula es rechazada por la mayoría de los expertos ya que induce al error al no contemplar múltiples variables, pero para el ámbito escolar y a modo orientativo nos será suficiente.

Otra fórmula que podemos utilizar y que es más precisa es la de Ball State:

- Para chicos:  $209 - (0,7 \times \text{edad})$

**Ejemplo:**  $209 - (0,7 \times 14 \text{ años}) = 199 \text{ ppm}$

- Para chicas:  $214 - (0,8 \times \text{edad})$  para chicas.

**Ejemplo:**  $213 - (0,8 \times 14) = 202 \text{ ppm}$

A señalar, que distintos estudios sostienen que la FC<sub>máx</sub> es mayor en niños que en adultos, disminuyendo progresivamente con la edad tras la adolescencia. Así, en niños menores de 10 años, es normal encontrar FC<sub>máx</sub> superiores a 210 ppm.

Así pues, podemos afirmar que la FC<sub>máx</sub> en niños y jóvenes normales oscila entre 195 y 215 ppm (López Chicharro & Fernández, 2006).

También por el método a través del test de 400 mts.

A través del test de Dippert.

### **2.6.3. Factores que afectan la frecuencia cardiaca**

#### **2.6.3.1. La edad**

La frecuencia basal (la mínima) más alta la tenemos nada más nacer, desde ese momento va descendiendo con la edad. Sobre la frecuencia máxima los pre-puberales más que los adolescentes y estos menos que los adultos. La frecuencia máxima más alta se alcanza entre los 8 y 10 años. Algunos estudios afirman que la mayor diferencia entre la basal y la máxima se alcanza después de la pubertad y esta diferencia va disminuyendo con la edad.

#### **2.6.3.2. La hora del día**

Diferentes variables temporales afectan también al número de pulsaciones por minuto de cualquier individuo. Por ejemplo por la mañana tenemos menos pulsaciones que por la tarde. Después de comer, mientras hacemos la digestión y en función de la cantidad y tipo de la comida podemos tener entre un 10 y 30% más de pulsaciones que en reposo. El sueño o el cansancio disminuyen las pulsaciones. Cuando dormimos alcanzamos picos de frecuencia basal, las mínimas pulsaciones por minuto con las que podemos continuar viviendo.

#### **2.6.3.3. La temperatura**

Cuanto más calor más altas las pulsaciones y de la misma manera cuanto más frío más bajas las pulsaciones.

#### **2.6.3.4. La altura**

Cuanto más alto menos oxígeno tenemos en el aire que respiramos y por lo tanto el corazón tiene que bombear más para obtener el mismo oxígeno.

#### **2.6.3.5. La contaminación**

Algunos componentes de la contaminación como el monóxido de carbono empujan al oxígeno disminuyendo la cantidad de este en cada litro de aire. Por lo que el corazón actúa igual que si faltara oxígeno aumentando las pulsaciones para poder mantener el consumo del oxígeno.

#### **2.6.3.6. La genética**

Afecta en gran medida a todos los aspectos de las pulsaciones por minuto, afecta tanto a las pulsaciones en reposo, como a las máximas o como al rango aeróbico de funcionamiento. Estos valores son muy entrañables pero la progresión de estos también estará en gran medida dictada por la genética. También algunos aspectos dictados por la genética como la talla, o el género afectan a la frecuencia.

#### **2.6.3.7. El género**

Las mujeres por término medio tienen entre 5 y 15 pulsaciones más por minuto que los hombres.

#### **2.6.3.8. Somatotipo o composición corporal**

Las personas más altas tienen las pulsaciones más bajas que los más bajos y los delgados menos que los gordos. Los musculados más que los no musculados. En este último apartado quiero señalar que me refiero a musculados de forma natural. Somatotipo o morfología humana.

#### **2.6.3.9. Las psicológicas**

Los estados que aumentan la sensación de alerta, como los nervios, la ansiedad, el miedo, el amor o la excitación sexual aumentan las pulsaciones, en algunos casos pudiendo llegar al máximo sin actividad física paralela. Y

por el contrario los estados que rebajan el nivel de alerta también rebajan las pulsaciones por minutó, estos estados pueden ser el sueño, la relajación, la satisfacción o la calma.

#### **2.6.3.10. La postura**

Tumbados es cómo podemos obtener la más baja frecuencia y bípedos (de pie) la más alta. Esta diferencia entre las pulsaciones que un sujeto tiene tumbado y las que tiene de pie, es una forma rápida y fiable de ver el estado de forma de ese individuo. Cuanta más alta sea la diferencia menos preparación física tendrá el sujeto.

#### **2.6.3.11. El metabolismo**

El metabolismo propio de cada persona afecta a su frecuencia cardiaca basal o a su frecuencia cardiaca en reposo y también a la frecuencia cardiaca máxima.

#### **2.6.3.12. El control mental**

Algunos maestros del yoga consiguen controlar el ritmo cardiaco mediante la concentración. Normalmente dentro de ciertos límites gracias a la relajación o al aumento del stress mediante la concentración.

#### **2.6.3.13. Medicamentos**

Algunos medicamentos pueden alterar las pulsaciones normales, ya sea al alza o a la baja. Normalmente psicodpresores suelen bajar las pulsaciones son medicamentos como la benzodiacepina. Al contrario los estimulantes o los llamados psicoestimulantes como ejemplo la anfetamina.

#### **2.6.4. Recuperación de la frecuencia cardiaca**

Con el objetivo de facilitar esta tarea a los miles de deportistas que simplemente quieren mejorar su condición aeróbica dentro de unos parámetros racionales asociados a su edad y condiciones, presentamos el concepto de frecuencia cardiaca de recuperación. Concepto ampliamente estudiado por médicos y fisiólogos del ejercicio pero desconocido por la mayoría de los usuarios.

Desde hace tiempo viene utilizándose la actividad cardiaca para el estudio del estado de forma de los deportistas así como para la adecuación de los entrenamientos.

Durante el ejercicio, la frecuencia cardiaca aumenta por tres motivos: aumento de la actividad simpática, descenso de la actividad parasimpática y autorregulación homeométrica (la distensión aumenta la actividad del nódulo sinusa (Chicharro & Fernández, 2006) .

Estas respuestas ocurren en el organismo como consecuencia de un mayor requerimiento del organismo a todos los niveles y como es lógico y de esperar, estos requerimientos disminuyen con el cese del ejercicio.

Es entonces cuando nos encontramos con la ya citada frecuencia cardiaca de recuperación, parámetro que nos indica la capacidad del organismo de descender su frecuencia cardiaca con el comienzo del cese del ejercicio. “La recuperación de la frecuencia cardiaca después de un esfuerzo protocolizado es más rápida cuanto mayor sea la aptitud y preparación física del deportista o su nivel de entrenamiento.” (Chicharro & Fernández, 2006)

Como vemos, la actividad cardiaca nos ofrece una información muy amplia sobre la situación del deportista, por eso a lo largo de la historia han

sido tres las vías para utilizar concretamente a la frecuencia cardiaca como parámetro de estimación de la aptitud física (Barnaby, 2002).

- "Estudios basados en las técnicas inicialmente descritas por Astrand y modificados posteriormente por otros autores, permiten efectuar una estimación indirecta de la aptitud aerobia máxima del deportista ( $VO_2$  max) valorando con protocolos estandarizados la frecuencia cardiaca alcanzada en trabajos de intensidad submáxima.
- El seguimiento continuado de la frecuencia cardiaca a lo largo de ejercicios de intensidad creciente posibilita conocer la evolución de la frecuencia cardiaca y la potencia de trabajo a partir de la cual se pierde la proporcionalidad con la intensidad del esfuerzo. Estimaciones del umbral anaerobio de Conconi.
- La valoración de la frecuencia cardiaca durante la fase de recuperación posterior a un esfuerzo adecuadamente protocolizado, es un procedimiento clásico que merecería una cierta reutilización en aplicación a colectivos numerosos. La recuperación es tanto más rápida y eficaz cuanto mayor sea la aptitud física del deportista o su nivel de entrenamiento. Una recuperación lenta de la frecuencia cardiaca de reposo es indicativa de entrenamiento insuficiente, inadecuado o de sobre entrenamiento. Las pruebas más utilizadas son las que se basan en el test de Ruffier Dickson, el Cat test, test de Zintl y el test de Lian.

Por lo tanto, y una vez determinadas las tres vías de trabajo con la frecuencia cardiaca, como bien indica el objetivo de este trabajo, nosotros nos centraremos en la 3ª opción (La frecuencia cardiaca de recuperación).

Revisándolos artículos más recientes sobre el tema encontramos otras conclusiones que apoyan nuestra teoría de utilizar este parámetro ya que nos aportan información muy interesante.

La frecuencia cardiaca de recuperación difiere en el caso de realizar un descanso activo o pasivo (mejor segundo que primero), y en el caso de realizar un ejercicio en un cicloergómetro o en una cinta andadora (mejor primero que segundo) (De Araujo & Matos, 2005).

“En otra línea más general, son muchos los estudios que demuestran que la frecuencia cardiaca de recuperación es un parámetro muy útil para la detección precoz de mortalidad en sujetos a causa de alteraciones cardiovasculares. (Shetler, Marcus, Froilicher, & Shefali, 2001).

Como vemos con lo anteriormente expuesto, el interés que ha suscitado este parámetro dentro de la comunidad científica ha sido muy grande, lo cual dota al mismo de una fidelidad muy alta a la hora de trabajar con él.

Estudios anteriores a los citados, señalan este parámetro como un buen indicador de la capacidad aeróbica de los sujetos. Como consecuencia, aparece el índice de recuperación cardiaca en el 2º minuto posterior al esfuerzo máximo (IR2), descrito por Lamiel Luengo en 1988 como el cociente de caída de la frecuencia cardiaca en el 2º minuto post esfuerzo con respecto a la relación existente entre la frecuencia cardiaca máxima teórica y la frecuencia cardiaca máxima alcanzada en la prueba de esfuerzo gradual.

Si siguiésemos profundizando comprobaríamos que son varias las hipótesis acerca del tiempo recomendado para la toma de la frecuencia cardiaca de recuperación ya que unos abogan por hacerlo al minuto de acabar, otra vertiente se decanta por los dos y finalmente son 5 minutos los que aseguran otros autores como necesarios.

Puesto que no creo conveniente el seguir ahondando en el tema, personalmente aconsejo hacerlo a los dos minutos ya que considero que hay un espacio adecuado entre las dos tomas no siendo tan precipitado como en

la toma al minuto del cese, o tan prolongado como en la toma tras cinco minutos.

Por todo lo aquí expuesto podemos considerar la frecuencia cardiaca de recuperación como un parámetro útil para todo aquel que quiera evaluar su estado de forma (condición aeróbica) de una manera sencilla ya que simplemente con un cronometro y con una correcta toma de pulsaciones podemos determinar nuestro valor de recuperación.

Así, la manera de proceder será determinando nuestra frecuencia cardiaca nada más finalizar la prueba (sería más efectivo contar con un pulsómetro para obtener el valor nada más acabar) y seguidamente volver a tomárnosla o bien al cabo de un minuto, al cabo de 2 o al cabo de 5. (Aunque parezca una obviedad recordar que todos los días deberemos hacerlo con la medida que hayamos elegido y siempre después de un mismo ejercicio).

Con estos dos datos en nuestro poder, procederíamos a restarlos para anotar su valor de manera que vayamos comparando nuestras mejoras con el paso de los días y de los entrenamientos.

Por comodidad recomiendo que las tomas se realicen durante 15 segundos (multiplicar seguidamente x 4) y en la arteria carótida.

Un entrenamiento adecuado a nuestra edad y condición acompañado del asesoramiento de un buen profesional de la actividad física dará resultados reales y observables.

(Personalmente aconsejo olvidarse de tablas ya predefinidas como esta ya que las pulsaciones de cada individuo son idiosincrásicas y lo ideal es controlar la progresión individual. A pesar de todo, a modo orientativo, la presente muestra unos valores aproximados tras 5 minutos de trabajo realizado hasta nuestra frecuencia cardiaca máxima).” (Ayres, 2010).

**Tabla 4. Frecuencia Cardíaca de Recuperación**

Pulsaciones a los cinco minutos de haber acabado el esfuerzo	
Por encima de 130 pulsaciones/minuto	Mal
130-120 pulsaciones por minuto	Suficiente
120-115 pulsaciones por minuto	Satisfactorio
115-105 pulsaciones por minuto	Muy bien
Por debajo de 100 pulsaciones por minuto	Nivel alto rendimiento

Fuentes: (Mc Ardle, Katch, Katch, & Ardle, 2004)

## **2.7. Umbral anaeróbico aláctico mediante la frecuencia cardíaca**

### **2.7.1. Abreviaturas**

Sugieren los autores que el inicio del metabolismo anaeróbico que acontece durante el ejercicio puede ser detectado por tres vías: 1) incremento de la concentración de lactato en sangre, 2) descenso de la concentración arterial de bicarbonato y del pH, y 3) aumento del cociente respiratorio (RER). Los autores se plantearon conocer el comportamiento del cociente respiratorio al incrementarse la sollicitación del metabolismo anaeróbico durante un ejercicio de intensidad progresivamente creciente.

Así, cuando enfrentan RER y VO<sub>2</sub> durante un ejercicio obtienen un perfil que muestra un descenso de RER en las cargas iniciales de ejercicio, seguido de un aumento progresivo a partir de una determinada carga de trabajo.

La mayor pendiente de la curva indica la tasa de VO<sub>2</sub> en la que la contribución del metabolismo anaeróbico comienza a ser importante; este punto se corresponde con el momento en que la concentración arterial de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> desciende y la de lactato aumenta, reflejando precisamente la

participación de la glucólisis anaeróbica en los procesos metabólicos de obtención de energía.

En definitiva, Wasserman y Mcllroy con esta investigación entran de lleno definitivamente en el estudio de la transición aeróbica-anaeróbica desde un punto de vista práctico y definen por vez primera el umbral anaeróbico, que ellos denominaron entonces “umbral de metabolismo anaeróbico”, como “la carga de trabajo o consumo de oxígeno a partir de la cual se comienza a instaurar un estado de acidosis metabólica y ocurren cambios asociados en el intercambio gaseoso”. (Wasserman & Mcllroy , 1964).

### **2.7.2. Diferencias terminológicas**

Las numerosas investigaciones realizadas desde 1964 en relación con la transición aeróbica-anaeróbica han planteado una modificación de la terminología utilizada.

Asimismo, hay una renovación constante de las teorías propuestas para explicar los mecanismos responsables de los cambios observados durante ejercicios de carga progresiva, lo que obliga a la introducción de términos nuevos para expresarlos.

La gran variedad de términos utilizados conlleva claras dificultades terminológicas, se convierten en ocasiones los debates sobre el AT en discusiones babilónicas. (Wasserman & Mcllroy , 1964) Lo definen como:

- “nivel de trabajo o consumo de oxígeno inmediatamente por debajo de que aparezcan la acidosis metabólica y los cambios asociados en el intercambio gaseoso”.
- “consumo de oxígeno en el cual existe una aceleración simultánea en las concentraciones de lactato muscular y sanguíneo”.

El umbral anaeróbico puede ser considerado como el parámetro que representa el más alto VO<sub>2</sub> que un sujeto puede desarrollar sin la aparición

de acidosis metabólica sostenida. En sujetos normales se sitúa alrededor del 55% del  $VO_2\text{max}$ . (Chicharro & Fernández, 2006), podemos resumir la nomenclatura utilizada en la siguiente tabla:

<u>Umbral que indican el comienzo de la producción de lactato</u>
- Punto de óptima eficiencia respiratoria (Hollman, 1959)
- Umbral de metabolismo anaeróbico (Wasserman y McIlroy, 1964)
- Umbral aeróbico (Kindermann y col, 1979)
- Transición anaeróbica individual (Pesenhofer y col, 1981)
- OPLA (Inicio del acúmulo de lactato en plasma) (Farrell y col, 1979)
- Umbral láctico (Davis y col, 1976)
- Umbral Ventilatorio 1 (VT1) (Orr y col, 1982)
<u>Umbral que indican un máximo estado estable del lactato en sangre</u>
- Umbral aeróbico - anaeróbico (Mader y col, 1976)
- Umbral anaeróbico (Kindermann y col, 1979)
- IAT (umbral anaeróbico individual) (Keul y col, 1979)
- Umbral anaeróbico individual (Stegmann y col, 1981)
- OBLA (inicio del acúmulo de lactato en sangre) (Sjödin y Jacobs, 1981)
- Umbral ventilatorio 2 (VT2) (Orr y col, 1982)

**TABLA 1.- Terminología utilizada en relación a la transición aeróbica anaeróbica.**

Figura 6. Terminología Utilizada en Umbrales. (Chicharro & Fernández, 2006)

## 2.8. Umbral ventilatorio

### 2.8.1. Métodos de determinación de umbral ventilatorio

Se han utilizado numerosos parámetros para valorar el umbral ventilatorio así: muestran las variaciones en el intercambio gaseoso derivadas de la acidosis láctica durante un ejercicio incremental: 1) el mecanismo I, el aumento de  $VCO_2$  relativo a  $VO_2$  debido al taponamiento celular; 2) mecanismo II, el aumento de la VE en respuesta al incremento de  $VCO_2$  debido al taponamiento para regular la  $PaCO_2$  (taponamiento isocápmico); y 3) mecanismo III, la compensación respiratoria para la acidosis metabólica con disminución de  $PaCO_2$ .

El método para la determinación del AT por el mecanismo I se ha denominado la "V-slope" (Beaver, Wasserman & Whipp, 1986c), ya que se comparan los volúmenes de  $VCO_2$  con  $VO_2$ .

Este método es adecuado para su utilización en pacientes, ya que los cambios dependen solo de las reacciones físico-químicas de taponamiento del ácido láctico por el  $\text{HCO}_3^-$ , siendo independientes de la sensibilidad de los quimiorreceptores respiratorios o de la respuesta ventilatoria al ejercicio. Mediante este análisis el  $\text{VCO}_2$  se correlaciona con el  $\text{VO}_2$  (medidos simultáneamente respiración por respiración), identificándose un incremento de la pendiente (punto de ruptura).

Siguiendo a Wasserman et ál. (Wasserman, Beaver & Whipp, 1990) el término “Umbral Ventilatorio” es incorrecto para referirnos a dicho punto, ya que este es independiente de la VE. La  $\text{VCO}_2$  por debajo del AT se incrementa de forma lineal con el  $\text{VO}_2$ , de forma proporcional al RER, la pendiente se sitúa de modo genérico entre 0,85 y 1,0 con un promedio de 0,97 para aquellos sujetos sometidos a una dieta normal. Sin embargo, por encima de la AT, la pendiente de la relación  $\text{VCO}_2\text{-VO}_2$  es más empinada, como consecuencia del taponamiento del ácido láctico por el  $\text{HCO}_3^-$ .

### **2.8.2. Relación entre umbral ventilatorio y láctico**

Al incrementarse la potencia de trabajo durante el ejercicio se produce un incremento del lactato con una dinámica de umbral y dicho umbral es independiente del incremento en el piruvato, el patrón de intercambio ventilatorio está altamente influenciado por la acumulación de lactato durante el ejercicio, y el transporte de  $\text{O}_2$  a las mitocondrias de los músculos activos comienza a estar limitado de forma crítica, muestran un coeficiente de correlación entre el umbral anaeróbico respiratorio y láctico, expresados como %  $\text{VO}_2\text{max.}$ , de 0,95 en nueve sujetos que realizaban ejercicio incremental en cicloergómetro.

Davis et ál. (Davis et ál., 1983) compararon los valores de consumo de oxígeno obtenidos en el umbral anaeróbico, determinado mediante intercambio de gases (incremento sistemático del  $\text{VE/VO}_2$  sin incremento concomitante del  $\text{VE/VCO}_2$ ), y mediante tres criterios lácticos (punto de

ruptura, 2 mM, y 4 mM). Para ello, catorce sujetos realizaron un ejercicio maximal sobre cicloergómetro.

Con respecto a los valores determinados por intercambio gaseoso se observaron los valores más altos en las determinaciones lácticas (44, 280 y 1028 mL·min<sup>-1</sup> respectivamente) siendo estas diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) cuando se utilizan como criterio de determinación del umbral anaeróbico los 2 o 4 mM. Aunola y Rusko (Aunola & Rusko, 1984) muestran coeficientes de correlación para el umbral anaeróbico respiratorio y láctico de 0,92 y 0,93, tan altos como los previamente reportados para el umbral aeróbico respiratorio y láctico (Davis, Frank, Whipp & Wasserman, 1979; Reinhard, Muller & Schmulling, 1979). Aunola y Rusko (Aunola & Rusko, 1986) demostraron que la interrelación entre el LT y VT parece ser dependiente del tipo de fibras mayoritario en los músculos en ejercicio.

Smith y O'Donnell (Smith & O'Donnell, 1984) para validar la detección no invasiva del umbral anaeróbico compararon las respuestas de intercambio de gases y del lactato en un ejercicio incremental encontrando una excelente concordancia entre el lactato sanguíneo y el VE/VO<sub>2</sub>. Hay que tener en cuenta la posible influencia del protocolo en la causalidad, de tal manera que un protocolo en el que el ritmo de trabajo se incrementa lentamente, resultaría en un aumento de la concentración de lactato demasiado pequeña para producir un aumento detectable en el CO<sub>2</sub> procedente del taponamiento, en relación con el CO<sub>2</sub> producido a partir del metabolismo.

## **2.9. Test de dippert**

Test DIPPER cuyas siglas significan Determinación de la Intensidad y la Potencia para el Entrenamiento de resistencia, nos permite sacar ritmos de carrera para el entrenamiento y la frecuencia cardiaca de dichos ritmos en cada deportista.

Se estima la velocidad Aeróbica Máxima, que es la velocidad máxima que el cuerpo soporta obteniendo energía con la ayuda del oxígeno.

### 2.9.1. Tabla de Ajustes

La tabla tiene por objeto preestablecer los ritmos para cada uno de los tramos, está prevista para un máximo de 15 tramos de 400m, en los cuales cada uno debe ser recorrido en menos tiempo.

Estos se establecen con incrementos de velocidad regresivos, lo que quiere decir que a medida que la velocidad va aumentando, los incrementos de cada uno de estos tramos se van reduciendo con el objetivo de saturar el metabolismo anaeróbico en los últimos, de forma que la única posibilidad de mejorar velocidad sea a expensas del metabolismo aeróbico.

CÁLCULO DE TIEMPOS PARCIALES EN FUNCIÓN DE LA MARCA ESTIMADA											Marca en 800	Marca en 1.500	Marca en 5.000	Marca en 10.000
garclaverdugo.com												3:50,00		
	400	1.000	50	100	150	200	250	300	350	400	VOLCADO	VOLCADO	VOLCADO	VOLCADO
1	1:34,69	3:56,73	0:11,84	0:23,67	0:35,51	0:47,35	0:59,18	1:11,02	1:22,86	1:34,69		3:56,73		
2	1:30,69	3:46,73	0:11,34	0:22,67	0:34,01	0:45,35	0:56,68	1:08,02	1:19,36	1:30,69		3:46,73		
3	1:26,69	3:36,73	0:10,84	0:21,67	0:32,51	0:43,35	0:54,18	1:05,02	1:15,86	1:26,69		3:36,73		
4	1:22,69	3:26,73	0:10,34	0:20,67	0:31,01	0:41,35	0:51,68	1:02,02	1:12,36	1:22,69		3:26,73		
5	1:19,49	3:18,73	0:09,94	0:19,87	0:29,81	0:39,75	0:49,68	0:59,62	1:09,56	1:19,49		3:18,73		
6	1:16,29	3:10,73	0:09,54	0:19,07	0:28,61	0:38,15	0:47,68	0:57,22	1:06,76	1:16,29		3:10,73		
7	1:13,09	3:02,73	0:09,14	0:18,27	0:27,41	0:36,55	0:45,68	0:54,82	1:03,96	1:13,09		3:02,73		
8	1:10,69	2:56,73	0:08,84	0:17,67	0:26,51	0:35,35	0:44,18	0:53,02	1:01,86	1:10,69		2:56,73		
9	1:08,29	2:50,73	0:08,54	0:17,07	0:25,61	0:34,15	0:42,68	0:51,22	0:59,76	1:08,29		2:50,73		
10	1:05,89	2:44,73	0:08,24	0:16,47	0:24,71	0:32,95	0:41,18	0:49,42	0:57,66	1:05,89		2:44,73		
11	1:04,29	2:40,73	0:08,04	0:16,07	0:24,11	0:32,15	0:40,18	0:48,22	0:56,26	1:04,29		2:40,73		
12	1:02,69	2:36,73	0:07,84	0:15,67	0:23,51	0:31,35	0:39,18	0:47,02	0:54,86	1:02,69		2:36,73		
13	1:01,09	2:32,73	0:07,64	0:15,27	0:22,91	0:30,55	0:38,18	0:45,82	0:53,46	1:01,09		2:32,73		
14	1:00,29	2:30,73	0:07,54	0:15,07	0:22,61	0:30,15	0:37,68	0:45,22	0:52,76	1:00,29		2:30,73		
15	0:59,49	2:28,73	0:07,44	0:14,87	0:22,31	0:29,75	0:37,18	0:44,62	0:52,06	0:59,49		2:28,73		

Figura 7. Tabla de Ajustes del test de Dippert. Mariano García Verdugo Delmas (2008).

## 2.9.2. Tabla de Control

Esta hoja está diseñada para ser impresa y llevada para controlar el test DIPER , se trata de una tabla en la cual constan los tiempo en los cuales el atleta debería entrar durante el test en una pista de 400m.

## 2.9.3. Hoja del test de dippert

En esta tabla podemos encontrar los tiempos en 400 y 1000m. , la Frecuencia cardiaca y el lactato, además podemos encontrar las Zonas de entrenamiento así como la Velocidad Aeróbica Máxima y el VO2 de cada deportista.

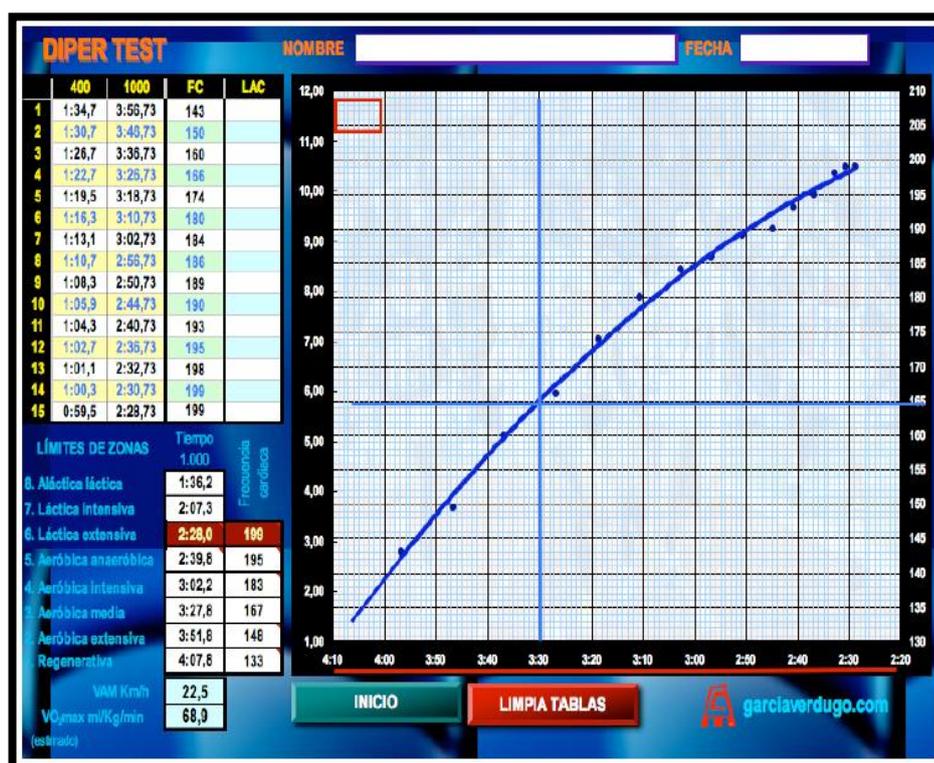


Figura 8. Hoja de test de Dippert. Mariano García Verdugo Delmas (2008).

## **CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Alcance y enfoque de una investigación**

- **Cuantitativo.-** Utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y recolectar datos que permiten probar hipótesis previamente establecidas.
- **Cualitativo.-** Se utiliza para descubrir y refinar preguntas de investigación que no necesariamente prueban la hipótesis.

### **3.2. Tipo de investigación**

#### **3.2.1. Cuasi-experimental**

Debido a que permite analizar y comparar distintos parámetros fisiológicos, como el intercambio de gases pulmonares, la acumulación de lactato y frecuencia cardiaca del equipo de pentatlón moderno del Ecuador durante su periodo de entrenamiento a fin de alcanzar un nivel óptimo de rendimiento, determinando por estos tres sistemas si durante el entrenamiento estamos trabajando en las zonas adecuadas.

En razón de que la presente investigación propuesta es CUASI-EXPERIMENTAL la metodología utilizada es la siguiente:

#### **3.2.2. Analítico sintético**

Permite el análisis minucioso de información como el procesamiento detenido y organizado de la misma para la síntesis de datos que se tomará de las fuentes bibliográficas o de los instrumentos aplicados.

### 3.2.3. Inductivo-deductivo

Se refiere a los resultados obtenidos de una observación o teoría de la que parte la investigación. Este ayudó a operacionalizar los conceptos a los hechos observables de forma directa o indirecta.

### 3.2.4. Hipotético deductivo

Permite plantear una hipótesis que se pudo analizar deductiva o inductivamente y posteriormente comprobar teóricamente, por ello la teoría se relaciona posteriormente con la realidad.

## 3.3. Población y muestra

En el presente estudio se aplicará al equipo de Pentatlón Moderno del Ecuador.

Las muestras se tomarán mediante la aplicación de un test progresivo DIPPER test (García Verdugo) con el empleo de un analizador de gases pulmonares (VO-2000), medidor de lactato (Accuntrend plus) y medidores de frecuencia cardiaca (Polar RCX5) en la pista sintética de la ESMIL.

**Tabla 5. Nómina de Investigadores**

<b>NÓMINA DE INVESTIGADORES</b>		
<b>GRADO</b>	<b>NOMBRES</b>	<b>FUNCIÓN</b>
<b>MSC</b>	MARIO VACA	DIRECTOR
<b>LCDO.</b>	ALBERT GILBERT	CODIRECTOR
<b>CAPT.</b>	RIVADENEYRA PAUL	TESISTA
<b>CAPT.</b>	BOLAGAY JULIO	TESISTA

## NÓMINA DE LOS DEPORTISTAS

**Tabla 6. Nómina de Deportistas**

SUBT	David Ruales
SUBT.	Guillermo Torres
SUBT.	Darío Landita

### 3.3.1. Cálculo de muestra

N= población total	N=03
n= muestra	n= 03
Fórmula: $N=n$	N=03

## 3.4. Técnicas e instrumentos

### 3.4.1. Técnicas

#### 3.4.1.1. Investigación bibliográfica

Para la elaboración del marco teórico de la investigación. Utilizando libros de entrenamiento deportivo.

#### 3.4.1.2. Criterios de expertos

Expertos en fisiología del deporte y entrenamiento deportivo de la Carrera de Ciencias de la Actividad Física deportes y Recreación, y de la Federación Deportiva Militar Ecuatoriana.

#### 3.4.1.3. Investigación de campo

La investigación de campo se lo realizará directamente con los deportistas de la selección de pentatlón moderno del Ecuador durante sus entrenamientos diarios.

### **3.4.2. Instrumentos**

#### **3.4.2.1. Test de control**

Hemos determinados que para nuestra investigación el test de dippert y con la maquina V2000, es el que se acopla de mejor manera ya que permite tomar las muestras de CO<sub>2</sub>, VO<sub>2</sub>, frecuencia cardiaca, y lactato. Además permite recopilar información para la evaluación-intervención, en función de transformar o modificar algo, desde un estado inicial hacia uno potencial, lo que garantiza una atención diferenciada.

#### **3.4.2.2. Medición del CO<sub>2</sub> y el VO<sub>2</sub> mediante el intercambiador de gases**

El intercambio de gases pulmonares será monitoreado y medido mediante el analizador de gases pulmonares VO2000.

#### **3.4.2.3. Medición del lactato**

Las muestras de lactato serán tomadas mediante tiras reactivas BM – Láctate, y su procesamiento mediante el analizador Accuntrend Plus.

#### **3.4.2.4. Medición de la frecuencia cardiaca**

El monitoreo de la frecuencia cardiaca se realizara a través de reloj Polar RCX5 y el procesamiento de datos será realizado mediante el software Polar Protrainer en línea.

### **3.5. Variables de investigación**

Las variables de la investigación están dadas por los resultados del análisis y comportamiento del intercambio gaseoso, lactato y frecuencia cardiaca en altura durante un test progresivo (DIPPERT).

### 3.5.1. Operacionalización de variables

**Tabla 7. Operacionalización de Variables.**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ITEMS
VI: Entrenamiento deportivo	El entrenamiento deportivo es un proceso planificado y complejo que organiza cargas de trabajo progresivamente crecientes destinadas a estimular los procesos fisiológicos de supercompensación del organismo, favoreciendo el desarrollo de las diferentes capacidades y cualidades físicas, con el objetivo de promover y consolidar el rendimiento deportivo.	Conocimiento científico Recursos Tecnológicos	Frecuencia cardiaca Gases respiratorios Manejo tecnológico de maquina Pulsometría Bases del entrenamiento deportivo	Test	¿Qué conocimiento científico se debe emplear en el entrenamiento deportivo?  ¿Cómo operacionalizar la tecnificación en el entrenamiento deportivo?

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ITEMS
VD: Rendimiento físico	Es la capacidad de producción de energía de los músculos involucrados en el ejercicio físico realizado	Seguimiento en los procesos de entrenamiento Medios y métodos de control.	Zonas de entrenamiento Capacidades físicas Cargas de entrenamiento	Guía de Observación Test de control	¿Cuáles son los procesos de control más adecuados para monitorear el rendimiento físico? ¿Cómo determinar procesos de control eficientes para elevar el rendimiento físico

### **3.6. Evaluación de resultados y validación**

Para la organización y tabulación de resultados, se utilizarán tablas estadísticas que permitan la depuración de la información obtenida tomando en consideración su importancia.

Para el análisis e interpretación de la información se utilizarán gráficos de Excel que permite interpretar de mejor manera la información obtenida.

## **CAPÍTULO 4. PROTOCOLO E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

### **4.1. Protocolo de medición**

Un protocolo es aquel que nos describe los objetivos, diseño, metodología y consideraciones tomadas en cuenta para la implementación y organización de una investigación o experimento científico. Incluye el diseño de los procedimientos a ser utilizados para la observación, análisis e interpretación de los resultados.

Para la realización de esta investigación utilizaremos un test de campo progresivo y así realizar la toma de muestras de cada uno de los parámetros fisiológicos (Intercambio de gases, Lactato y Frecuencia Cardiaca).

Los atletas fueron sometidos a un test progresivo establecidos en el macrociclo de entrenamiento.

Para la toma de muestras se mantuvo el siguiente protocolo.

### **4.2. Instrumento a utilizar para la medición de VO<sub>2</sub> Y CO<sub>2</sub>**

El VO2000 de Medgraphics es un sistema Portátil para estudios de intercambio de gases respiratorios, ofreciendo el más versátil, confortable y preciso equipo para el estudio de VO<sub>2</sub> en un laboratorio pulmonar a pacientes ambulatorios o internados. El VO2000 es un equipo fácil y simple de utilizar.

El VO2000 guarda los datos en una memoria incorporada para su posterior descarga, trabaja de manera remota con un continuo suministro de datos de la opción de telémetro, o trabaja conectado a un PC.



**Figura 9. Maquina VO2000**

#### **4.2.1. Protocolo a utilizar para la medición del VO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>**

Para la toma de muestras de Intercambio de gases se mantuvo el siguiente protocolo.

##### **4.2.1.1. Al iniciar el test.**

Se coloca el VO2000 para obtener los primeros datos de VO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>.

##### **4.2.1.2. Durante el Test**

El test consta de recorrer la máxima distancia en 12 minutos. ( test de Cooper).

#### **4.2.1.3. Durante la recuperación**

Cuando el deportista termina el test tendrá un minuto para luego tomar el siguiente dato de VO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>.

#### **4.2.2. Procedimiento Técnico**

##### **4.2.2.1. Preparación para una prueba**

- Asegúrese de haber calentado el sistema y entró en las condiciones ambientales actuales.
- Abra un archivo de paciente existente o crear uno nuevo si es necesario.
- En la ficha del paciente, haga clic en Agregar Visita a comenzar una nueva sesión de pruebas.
- Rellene los Demografía visita y pestañas historia clínica del paciente.
- Seleccione la ficha GX.
- Seleccione la secuencia de comandos GX en la ficha Configuración y ajustar la configuración si es necesario.
- Indique al sujeto para aflojar la ropa apretada, describa proceso de prueba y demostrar la técnica adecuada antes de la prueba.
- Preparar e inspeccionar el neumotacógrafo para la prueba.
- Coloque el neumotacógrafo para que la línea de la muestra entra en la parte superior de la neumotacómetro.

#### 4.2.2.2. Pruebas de ejercicio

Procedimiento de prueba de esfuerzo estándar

- Seleccione la pestaña de prueba.
- Desconecte la línea umbilical del VO2000 antes de la calibración automática.
- Haga clic en Inicio en el terreno de prueba para iniciar la recopilación de datos.
- Haga clic en Ejercicio para activar manualmente la prueba de esfuerzo. Las pruebas de esfuerzo se inicia cuando se inicia el protocolo haciendo clic en Ejercicio .Si bien la prueba, puede utilizar el teclado de prueba a:
  - Pasar a la siguiente etapa de protocolo, haga clic en Next Stage.
  - Pausa en la etapa actual, haga clic Stage Hold.
  - Controlar manualmente el ergómetro haciendo clic en Manual.
  - Monitor de fase y temporizadores etapa y la carga de trabajo actual del dispositivo en la zona de ensayo.
  - Haga clic en Recuperación para poner fin a ejercicio y comenzar la fase de recuperación de la prueba.
  - Haga clic en Detener para finalizar la recolección de datos.
- Seleccione Umbral anaeróbico si se logra.
- Seleccionar e imprimir el informe.

### **4.3. Instrumento a utilizar para la Toma de Muestra de Lactato.**

Un test de lactato es una prueba sencilla que se realiza sobre un tapiz rodante en un Laboratorio de Fisiología del Ejercicio o en una pista de atletismo, y que básicamente consiste en obtener una micro muestra de sangre (generalmente capilar del pulpejo del dedo) para valorar la concentración de lactato a distintas intensidades (velocidad) de ejercicio, conformando una curva de lactato.

#### **4.3.1. Maquina Analizadora Accutrend Plus.**

“El instrumento Accutrend Plus se utiliza para la medición cuantitativa de cuatro parámetros sanguíneos: glucosa, colesterol, triglicéridos y lactato. Se realiza una medición fotométrica de la reflectancia utilizando tiras reactivas específicas para cada uno de estos parámetros sanguíneos. Este instrumento es apropiado para el uso profesional y para la medición por el propio sujeto.”

#### **4.3.2. Tiras Reactivas BM-LACTATE.**

Las tiras permiten determinar de manera cuantitativa del lactato en sangre debe ser utilizada exclusivamente con Accutrend Lactate, Accusport o Accutrend Plus.

“Cada tira reactiva tiene una zona reactiva que contiene los reactivos indicadores. Cuando se aplica la sangre capilar, se produce una reacción química y la zona reactiva cambia de color. El instrumento analizador registra este cambio de color y convierte la señal de medición en el resultado mostrado utilizando los datos introducidos previamente mediante la tira de codificación.

La sangre capilar aplicada se filtra a través de la malla protectora amarilla hasta la red de fibra de vidrio; los eritrocitos quedan retenidos y solo

alcanza la película indicadora el plasma sanguíneo. El lactato se determina mediante fotometría de reflectancia a una longitud de onda de 657 nm en una reacción colorimétrica con el mediador lactato-oxidasa”, a continuación se detalla gráficamente el funcionamiento:

Además de estos instrumentos para la realización de este trabajo de investigación se utilizaron materiales como: Lancetas quirúrgicas, guantes quirúrgicos, alcohol y algodón.



Figura 10. Tiras de lactato

#### **4.3.3. Protocolo a utilizar en la toma de lactato.**

Para la toma de muestras de Lactato se mantuvo el siguiente protocolo, en relación a lo establecido en el macrociclo de entrenamiento presentado por el entrenador, mediante el test de dippert.

##### **4.3.3.1. Lactato en reposo.**

- Monitoreo del Lactato en reposo antes del test.

##### **4.3.3.2. Antes de iniciar el test**

- Se preparan las tiras de lactato y el medidor para tomar la primera muestra de sangre antes del test y así obtener el valor de lactato en sangre inicial.

#### 4.3.3.3. Durante el Test:

- El test consta de 15 repeticiones de 400 mts incrementando la dificultad de tiempos por vuelta y cada dos vueltas de 400m, Se realiza una toma de muestra de sangre
- Durante cada vuelta existe un descanso de 30 segundos.
- Al final se toma la muestra de sangre para obtener el valor máximo de lactato en sangre.
- Se emplea conos en cada 100m. De la pista para que el deportista mediante una señal acústica pueda ser guiado en la intensidad del recorrido.

#### 4.3.3.4. Durante la recuperación:

- Cuando el deportista termina el test tendrá un minuto para luego tomar la siguiente muestra de sangre.
- Este es el procedimiento que se sigue para los próximos cinco minutos que se obtendrán datos durante la recuperación.

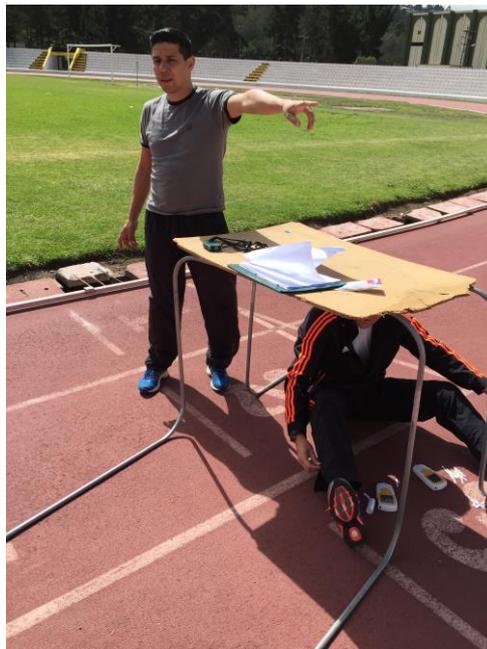


Figura 11. Toma de datos del test de Dippert

#### **4.4. Instrumento a utilizar en la toma de muestra de la frecuencia cardiaca.**

Las muestras de frecuencia cardiaca fueron tomadas con los instrumentos y protocolo que se detalla a continuación.

##### **4.4.1. Reloj medidor de frecuencia cardiaca marca Polar RCX5.**

En el desarrollo de esta investigación la toma de muestras de frecuencia cardiaca fueron realizadas por medio del reloj marca POLAR RCX5 que es un pulsómetro electrónico que mide de forma gráfica y digital las pulsaciones del corazón por minuto.

“Los reloj POLAR RCX5 constan del visualizador, que normalmente es como un reloj de pulsera y la banda que se coloca en el pecho. La banda es una especie de cinturón que se coloca en el pecho que permite el conteo de los latidos y pasa la información al reloj”.

Para un correcto funcionamiento de este instrumento de investigación se realizan las siguientes acciones:

- Humedezca la banda del transmisor con agua.
- Coloque el transmisor de frecuencia cardiaca en el pecho de manera que se sienta cómodo.
- Presione OK para iniciar el reloj POLAR e iniciar la medición de la frecuencia cardiaca.
- Presiones nuevamente OK para iniciar el ejercicio
- Pare la prueba presionando STOP. Los datos quedaran guardados.
- Para observar los datos monitoreados use el interface mediante el puerto USB y transfiera los datos del reloj a un ordenador en la página web. [Polarpersonaltrainer.com](http://Polarpersonaltrainer.com).

#### **4.4.2. Protocolo a utilizar para la toma de frecuencia cardiaca.**

Para la toma de muestras de frecuencia cardiaca se mantuvo el siguiente protocolo, en relación a lo establecido en el macro ciclo de entrenamiento presentado por el entrenador.

##### **4.4.2.1. Frecuencia cardiaca en reposo**

- Monitoreo de la frecuencia cardiaca en reposo antes del test.
- Monitoreo de la FC en reposo entre las 05:00am y 06: 00am.

##### **4.4.2.2. Antes de iniciar el test**

- Se coloca el medidor de FC para obtener los primeros datos de FC.

##### **4.4.2.3. Durante el Test:**

- En cada repetición de 400m. Se registra los valores FC.
- Durante cada vuelta existe un descanso de 30 segundos.
- Al final se toma la muestra del valor máximo obtenido en FC.

##### **4.4.2.4. Durante la recuperación**

- Cuando el deportista termina el test tendrá un minuto para luego tomar el siguiente dato de FC.
- Este es el procedimiento que se sigue para los próximos cinco minutos que se obtendrán datos durante la recuperación.

##### **4.4.2.5. Indicaciones generales**

- Verificación de funcionamiento del reloj POLAR previo al inicio de la sesión de entrenamiento o los test.
- Colocación de la banda de monitoreo de la frecuencia cardiaca en el pecho del atleta.
- Colocación del GPS en el brazo del atleta.

- Recopilación de datos a través del interface y dispositivo infrarrojo del reloj POLAR en un ordenador.
- Creación de una Base de datos y determinar cuadros estadísticos

## CAPÍTULO 5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

**5.1. Analizar el comportamiento cardiaco en los deportistas de la selección de pentatlón moderno del Ecuador.**

**5.1.1. Frecuencia cardiaca en el Test de Dippert.**

**Tabla 8. Comportamiento Individual de la frecuencia cardiaca en el test de dippert del deportista Rúales David.**

En estas tablas podemos analizar en base a los tres test realizados en la investigación, como es el comportamiento de la frecuencia cardiaca del deportista en cada vuelta en el test de dippert, y a su vez el análisis de sus pulsaciones máximas, mínimas y promedio de pulsaciones individuales.

COMPORTAMIENTO FRECUENCIA CARDIACA EN EL TEST DIPPERT RUALES						
VUELTAS	T1	T2	T3	PPM. MIN	PPM. MAX	PPM. PROM
1	152	153	154	152	154	153
2	166	164	163	163	166	164
3	168	166	165	165	168	166
4	172	170	169	169	172	170
5	174	173	171	171	174	173
6	175	175	172	172	175	174
7	178	177	175	175	178	177
8	179	178	177	177	179	178
9	181	180	180	180	181	180
10	183	181	183	181	183	182
11	185	184	183	183	185	184
12	186	184	185	184	186	185
13	187	185	186	185	187	186
14	188	186	187	186	188	187
15	188	187	188	187	188	188

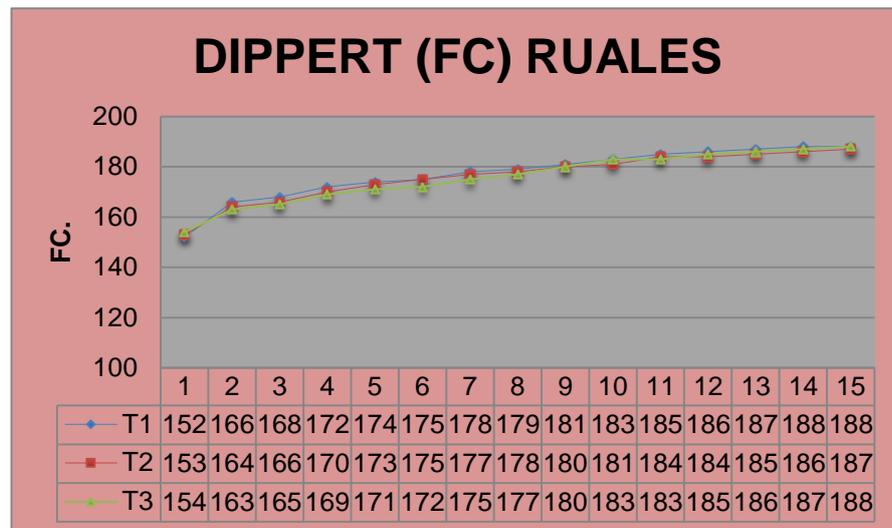


Figura 12. Rúales aplicación del test de dippert

Podemos entender que el deportista David ruales posee datos de alto rendimiento y su comportamiento de la frecuencia cardiaca en los diferentes test tuvo datos minimos de 153 PPM y en su esfuerzo máximo hizo que la frecuencia cardiaca alcance a 188 PPM, siendo resultados que indican la buena condición física.

**Tabla 9. Comportamiento Individual de la frecuencia cardiaca en el test de dippert del deportista Torres Guillermo.**

COMPORTAMIENTO FRECUENCIA CARDIACA EN EL TEST DIPPERT TORRES						
VUELTAS	T1	T2	T3	PPM. MIN	PPM. MAX	PPM. PROM
1	158	157	158	157	158	158
2	160	161	162	160	162	161
3	166	166	163	163	166	165
4	167	167	165	165	167	166
5	170	170	171	170	171	170
6	172	171	172	171	172	172
7	174	173	173	173	174	173
8	175	175	176	175	176	175
9	177	176	177	176	177	177
10	180	181	179	179	181	180
11	182	183	183	182	183	183
12	184	184	185	184	185	184
13	185	186	186	185	186	186
14	189	188	189	188	189	189
15	192	191	190	190	192	191

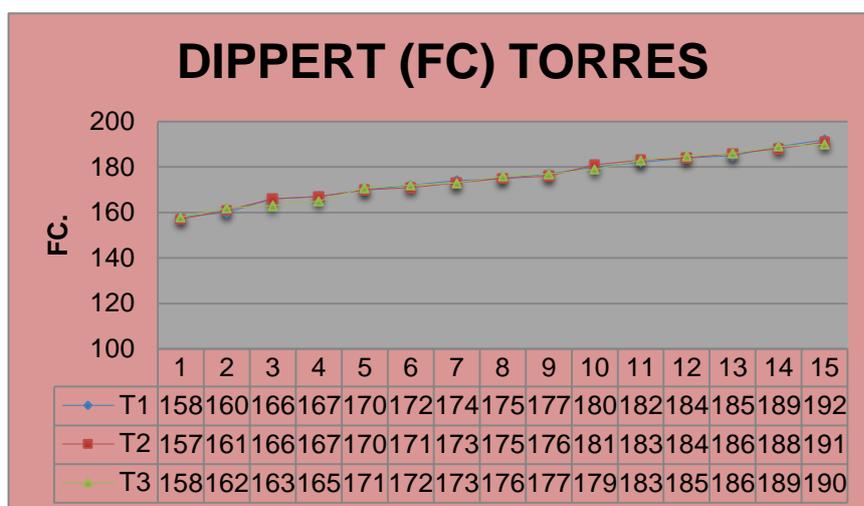


Figura 13. Torres aplicación del test de Dippert

Podemos entender que el deportista Torres Guillermo posee datos de frecuencia cardiaca de los diferentes test observando frecuencia cardiaca minimos de 158 PPM y en su esfuerzo máximo hizo que la frecuencia cardiaca alcance a 192 PPM, siendo resultados que indican la buena condición física.

**Tabla 10. Comportamiento Individual de la frecuencia cardiaca en el test de dippert del deportista Landeta Darío.**

COMPORTAMIENTO FRECUENCIA CARDIACA EN EL TEST DIPPERT LANDETA						
VUELTAS	T1	T2	T3	PPM. MIN	PPM. MAX	PPM. PROM
1	147	148	150	147	150	148
2	159	154	157	154	159	157
3	160	158	160	158	160	159
4	165	163	162	162	165	163
5	166	164	163	163	166	164
6	167	165	166	165	167	166
7	171	169	168	168	171	169
8	174	173	170	170	174	172
9	177	174	172	172	177	174
10	177	175	173	173	177	175
11	180	178	176	176	180	178
12	184	182	181	181	184	182
13	184	184	183	183	184	184
14	187	186	185	185	187	186
15	190	189	190	189	190	190

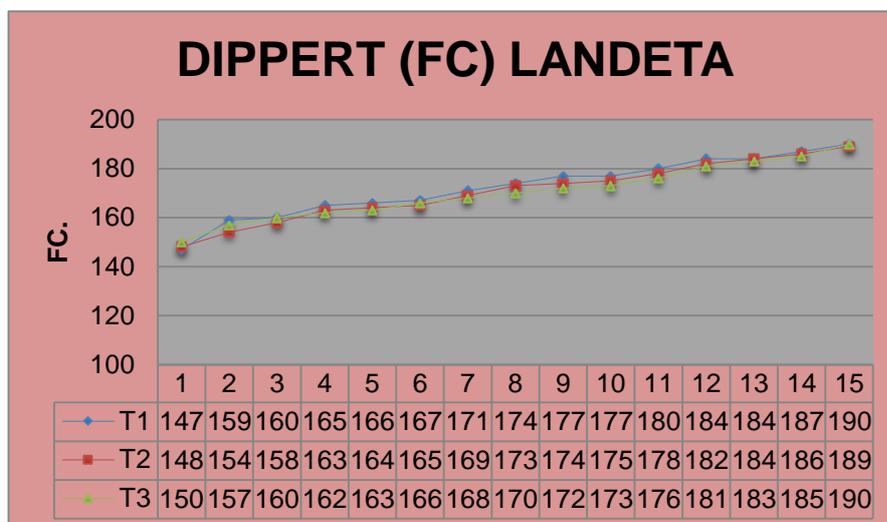


Figura 14. Landeta aplicación del test de Dippert

Podemos entender que el deportista Landeta Dario posee datos de frecuencia cardiaca de los diferentes test observando frecuencia cardiaca minimos de 148 PPM y en su esfuerzo máximo hizo que la frecuencia cardiaca alcance a 190 PPM, siendo resultados que indican la buena condición física.

**Tabla 11. Comportamiento por equipo de la frecuencia cardiaca en el test de Dippert.**

PROMEDIOS DEL EQUIPO DE LA (FC) TEST DIPPERT			
FC	PPM. MIN	PPM. MAX	PPM. PROM
RUALES	175	178	177
TORRES	175	176	175
LANDETA	170	173	171

En esta tabla podemos analizar el comportamiento de la frecuencia cardiaca por equipo en el test de dippert, y a su vez el análisis de sus pulsaciones máximas, mínimas y promedio de pulsaciones.

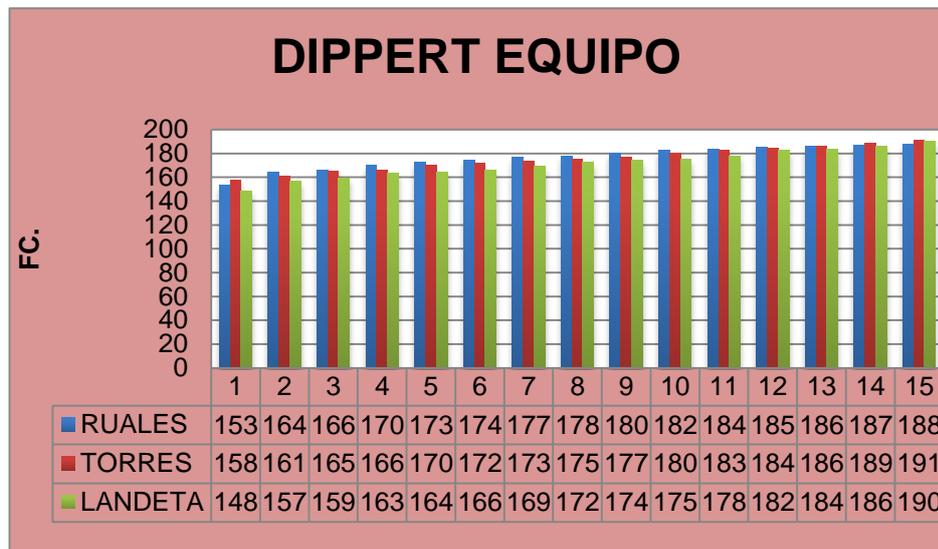


Figura 15. Análisis del Test Dippert por equipo

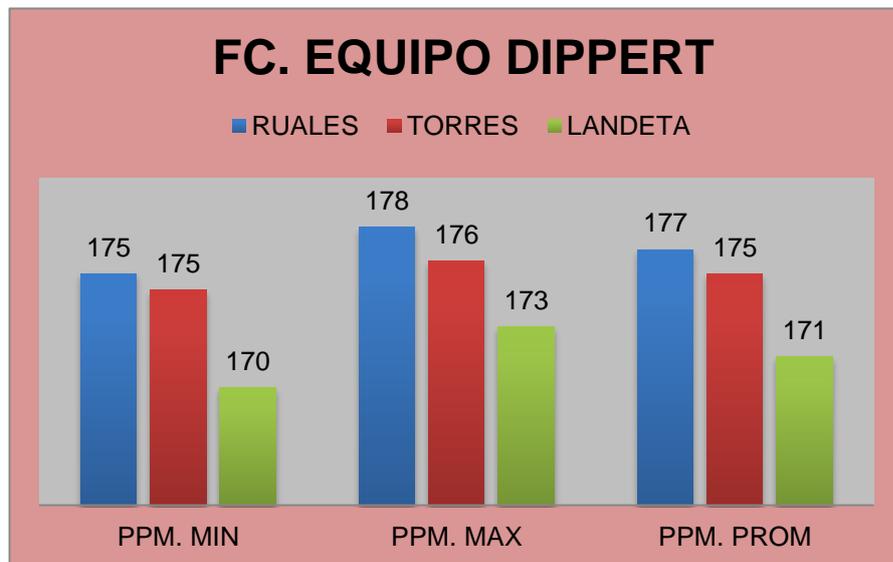


Figura 16. Análisis de los promedios del equipo

### 5.1.2. Recuperación de la frecuencia cardiaca después del test de Dippert

**Tabla 12. Comportamiento de la recuperación de la frecuencia cardiaca después del test de dippert**

TIEMPO											
DATOS RECUPERACIÓN DE (FC)	FC. REP	FC LL.	1´	2´	3´	4´	5´	PPM. MIN.	PPM. MAX.	VELOCIDAD DE REC.PPM.	PROM. PPM
RUALES DAVID	39	188	160	155	150	145	142	39	188	9,2	140
TORRES GUILLERMO	51	192	180	175	170	163	149	51	192	8,6	154
LANDETA DARIO	50	190	183	177	173	165	160	50	190	6	157

En esta tabla y las figuras podemos observar el comportamiento individual y grupal de los deportistas con relación a la frecuencia cardiaca en reposo, la frecuencia cardiaca al llegar del test, y los 5 datos tomados por cada minuto para su recuperación lo que nos ayudara para determinar respectivamente la frecuencia cardiaca mínima, la máxima y un promedio de velocidad de recuperación que posee cada deportista.

Siendo así al analizar los resultados podemos observar que el deportista ruales posee promedios mejores que los dos deportistas esencialmente en el nivel de recuperación de la frecuencia siendo 9,2, el deportista torres posee la mayor frecuencia cardiaca de todos de 192 ppm.



Figura 17. Recuperación después del test de dippert Rúaless



Figura 18. Recuperación después del test de dippert Torres



Figura 19. Recuperación después del test de dippert Landeta

**Tabla 13. Comportamiento de la frecuencia cardiaca mínima, máxima y Promedio individual de cada deportista.**

DATOS RECUPERACIÓN FC	PPM. MIN.	PPM. MAX.	VELOCIDAD DE REC.PPM.	PROM. PPM
RUALES DAVID	39	188	9,2	140
TORRES GUILLERMO	51	192	8,6	154
LANDETA DARIO	50	190	6	157

En esta tabla vamos a analizar tanto las pulsaciones mínimas como máximas y el promedio de pulsaciones.

El deportista ruales posee una frecuencia cardiaca en reposo de 39 siendo esta la mejor que los otros dos deportistas esto nos indica su capacidad aeróbica, también su velocidad de recuperación esta es una capacidad que indica su recuperacion de frecuencia cardiaca, mientras mas rápido uno recupera la FC, mejor rendimiento obtiene a los impulsos cardiacos.

Los dos deportistas siguientes mantienen regularmente su condición, cabe recalcar que están aun en proceso de preparación general es por eso que no podemos comparar los resultados con el modelo del deportista ruales.

Pero su frecuencia cardiaca es aceptable y con tendencia a mejorar por sus pulsaciones altas, esto dependerá de su entrenamiento.

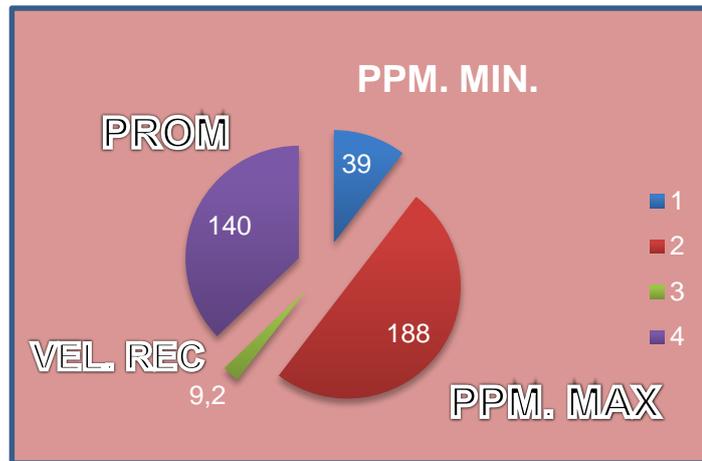


Figura 20. Datos de frecuencia cardiaca después del test David Rúa

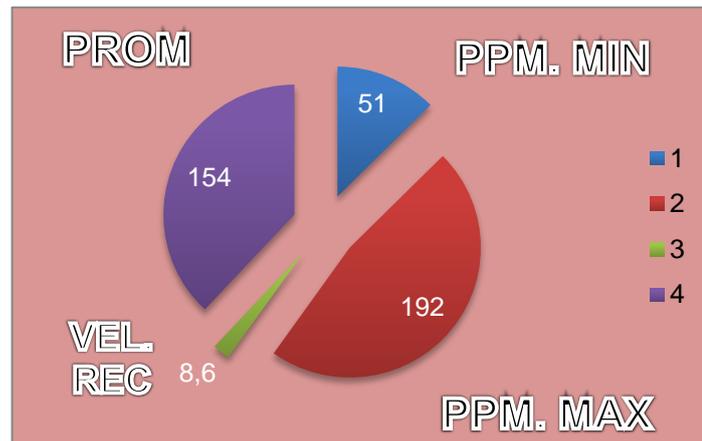


Figura 21. Datos de frecuencia cardiaca después del test Torres Guillermo

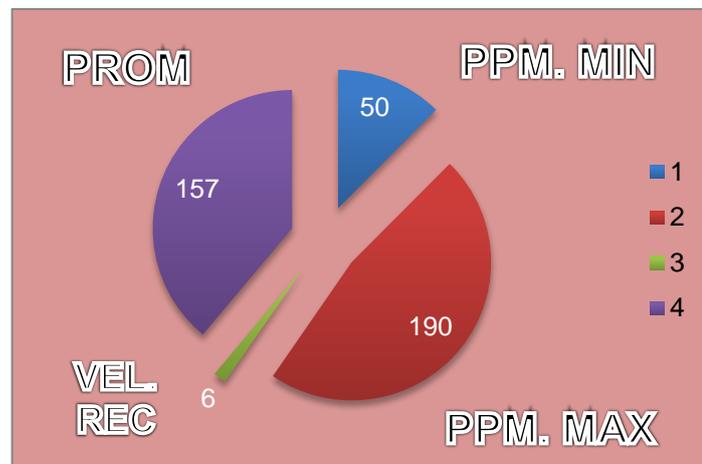


Figura 22- Datos de frecuencia cardiaca después del test Landeta Darío

**Tabla 14. Comportamiento por equipo de la frecuencia cardiaca después del test de dippert.**

FRECUENCIA CARDIACA DESPUES TEST DE DIPPERT	PPM.
PROMEDIOS EQUIPO	
PPM. MIN	47
PPM. MAX.	190
PPM. PROMEDIO	150
VELOCIDAD DE REC.	8

Estos datos corresponden a los promedios del equipo en su comportamiento de su frecuencia cardiaca de recuperación considerando el promedio mínimo, máximo y en general y la velocidad de recuperación del equipo.

### 5.1.3. Comportamiento individual de la frecuencia cardiaca en reposo

**Tabla 15. Frecuencia cardiaca en reposo de los deportistas**

MUESTRAS								
(FC) EN REPOSO	1	2	3	4	5	PPM. MIN.	PPM. MAX.	PROM. PPM
<b>RUALES DAVID</b>	39	40	40	38	38	38	42	39
<b>TORRES GUILLERMO</b>	40	42	40	40	36	36	46	41
<b>LANDETA DARIO</b>	41	45	40	40	39	39	48	42

Esta tabla muestra las frecuencias cardiacas en reposo tomando referencia 5 muestras y a su vez podemos analizar sus variables respectivas como su promedio y pulsaciones máximas y mínimas de los deportistas.

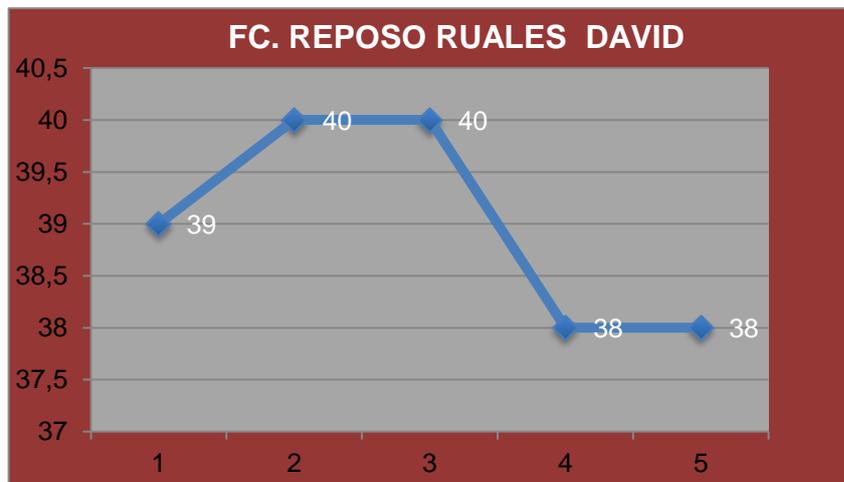


Figura 23. Dato de (FC) en reposo de David Ruales

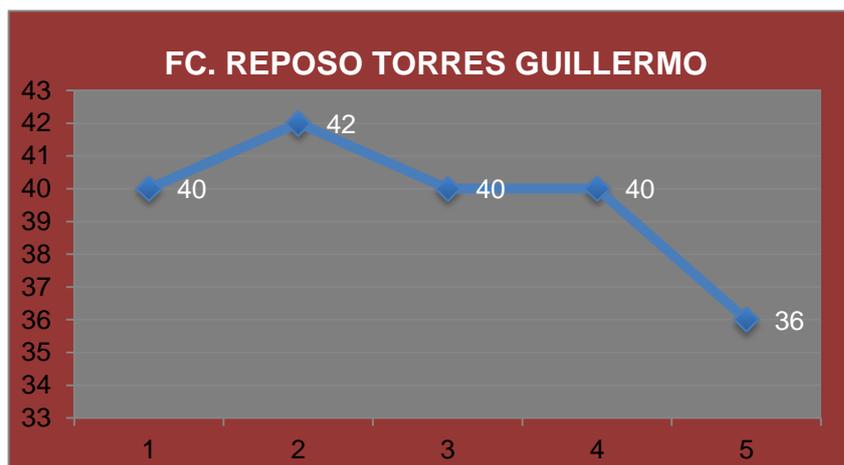


Figura 24. Dato de (FC) en reposo de Torres Guillermo



Figura 25. Dato de (FC) en reposo de Landeta Darío

**Tabla 16. Comportamiento por equipo de la frecuencia cardiaca en reposo.**

PROMEDIO DE EQUIPO			
(FC) EN REPOSO	PPM. MIN.	PPM. MAX.	PROM. PPM
RUALES DAVID	38	40	39
TORRES GUILLERMO	36	42	40
LANDETA DAVID	39	45	41

Estos datos corresponden a los promedios del equipo en su comportamiento de su frecuencia cardiaca en reposo considerando el promedio mínimo, máximo y en general.



Figura 26. Dato del equipo de los promedios FC. en reposo

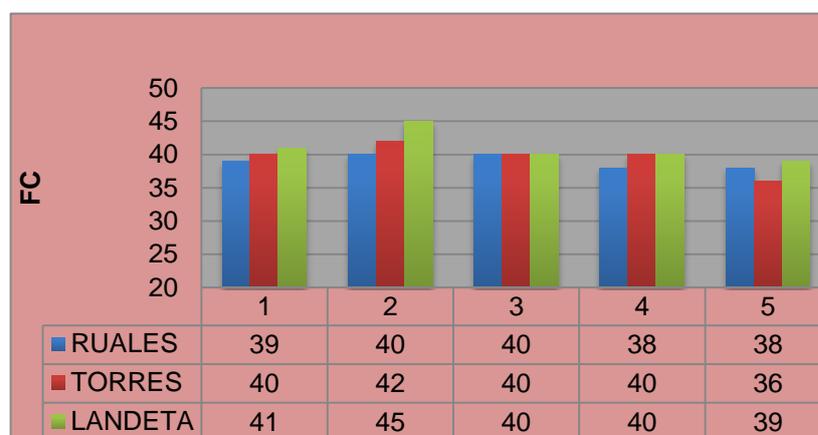


Figura 27. Dato del equipo de la FC. reposo

## 5.2. Analizar el comportamiento del ácido láctico en los deportistas de la selección de pentatlón moderno del Ecuador.

### 5.2.1. Lactato en el test de Dippert

**Tabla 17. Comportamiento individual del lactato en los deportistas Rúales David al realizar el test de Dippert.**

En estas tablas podemos analizar en base a los tres test realizados en la investigación, como es el comportamiento del lactato en el deportista en cada vuelta en el test de dippert, y a su vez el análisis del lactato máximo, mínimo y promedio.

COMPORTAMIENTO DEL LACTATO EN EL TEST DIPPERT RUALES						
VUELTAS	T1	T2	T3	LAC. MIN	LAC. MAX	LAC. PROM
1	6,20	6,00	7,00	6,00	7,00	6,40
2	7,40	5,60	7,45	5,60	7,45	6,82
3	5,01	7,70	8,60	5,01	8,60	7,10
4	6,50	7,20	8,20	6,50	8,20	7,30
5	7,60	7,90	8,30	7,60	8,30	7,93
6	6,90	8,08	9,60	6,90	9,60	8,19
7	8,00	8,30	9,70	8,00	9,70	8,67
8	8,60	7,09	9,34	7,09	9,34	8,34
9	9,00	9,20	10,03	9,00	10,03	9,41
10	9,50	10,35	10,34	9,50	10,35	10,06
11	9,90	11,23	11,34	9,90	11,34	10,82
12	9,70	10,80	12,45	9,70	12,45	10,98
13	9,80	12,45	13,00	9,80	13,00	11,75
14	13,20	13,67	13,56	13,20	13,67	13,48
15	15,80	14,70	14,08	14,08	15,80	14,86

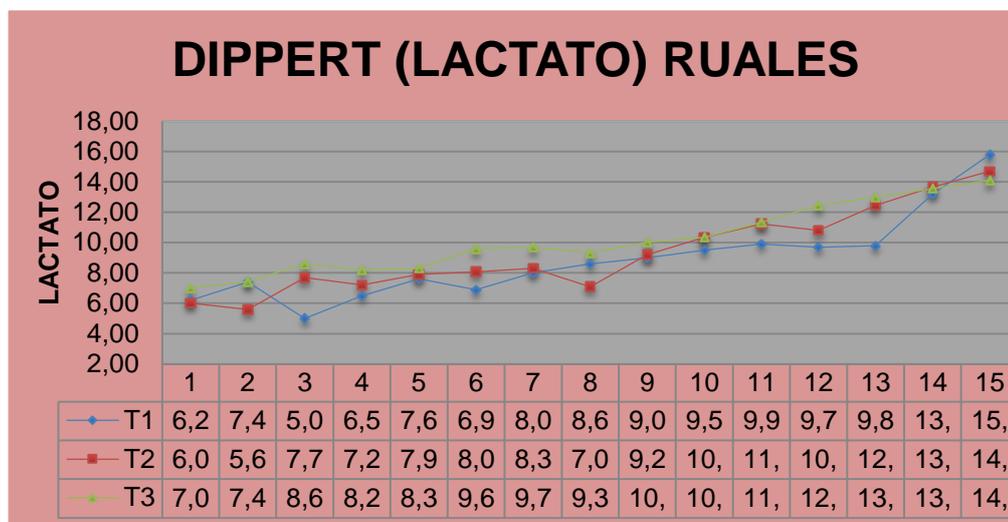


Figura 28. Rúales aplicación del test individual

**Tabla 18. Comportamiento individual del lactato en el deportistas Torres Guillermo al realizar el test de Dippert.**

COMPORTAMIENTO DEL LACTATO EN EL TEST DIPPERT TORRES						
VUELTAS	T1	T2	T3	LAC. MIN	LAC. MAX	LAC. PROM
1	4,04	5,30	4,60	4,04	5,30	4,65
2	4,60	5,60	6,70	4,60	6,70	5,63
3	5,04	6,78	7,30	5,04	7,30	6,37
4	5,20	7,57	7,60	5,20	7,60	6,79
5	6,06	9,64	7,90	6,06	9,64	7,87
6	6,50	8,30	8,03	6,50	8,30	7,61
7	9,03	8,20	8,45	8,20	9,03	8,56
8	8,35	9,80	7,90	7,90	9,80	8,68
9	7,67	9,40	8,40	7,67	9,40	8,49
10	9,30	9,90	9,30	9,30	9,90	9,50
11	9,60	10,30	9,60	9,60	10,30	9,83
12	10,59	10,50	10,70	10,50	10,70	10,60
13	11,43	12,54	10,30	10,30	12,54	11,42
14	13,70	13,20	12,50	12,50	13,70	13,13
15	14,30	14,04	13,05	13,05	14,30	13,80

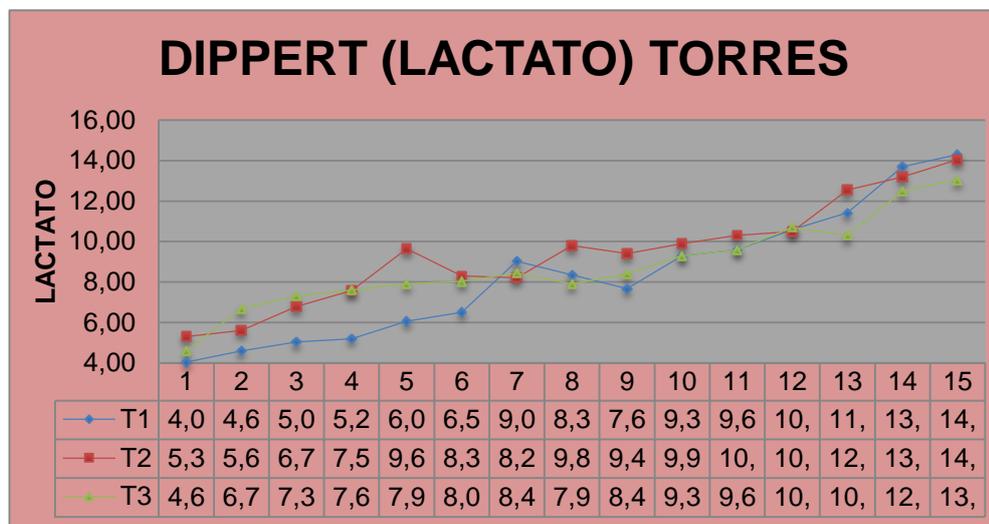


Figura 29. Torres aplicación del test individual

Tabla 19. Comportamiento individual del lactato en el deportistas Landeta Darío al realizar el test de Dippert.

COMPORTAMIENTO DEL LACTATO EN EL TEST DIPPERT LANDETA						
VUELTAS	T1	T2	T3	LAC. MIN	LAC. MAX	LAC. PROM
1	5,30	5,70	5,60	5,30	5,70	5,53
2	6,20	6,40	6,30	6,20	6,40	6,30
3	8,40	7,40	6,80	6,80	8,40	7,53
4	7,20	7,90	7,30	7,20	7,90	7,47
5	7,60	8,30	8,01	7,60	8,30	7,97
6	8,60	8,43	7,90	7,90	8,60	8,31
7	9,90	8,70	8,32	8,32	9,90	8,97
8	10,20	9,43	9,30	9,30	10,20	9,64
9	9,40	9,60	9,56	9,40	9,60	9,52
10	10,50	9,30	8,90	8,90	10,50	9,57
11	10,60	9,90	9,30	9,30	10,60	9,93
12	11,43	10,20	10,54	10,20	11,43	10,72
13	10,90	10,70	10,89	10,70	10,90	10,83
14	11,80	11,56	11,60	11,56	11,80	11,65
15	12,50	12,70	12,10	12,10	12,70	12,43

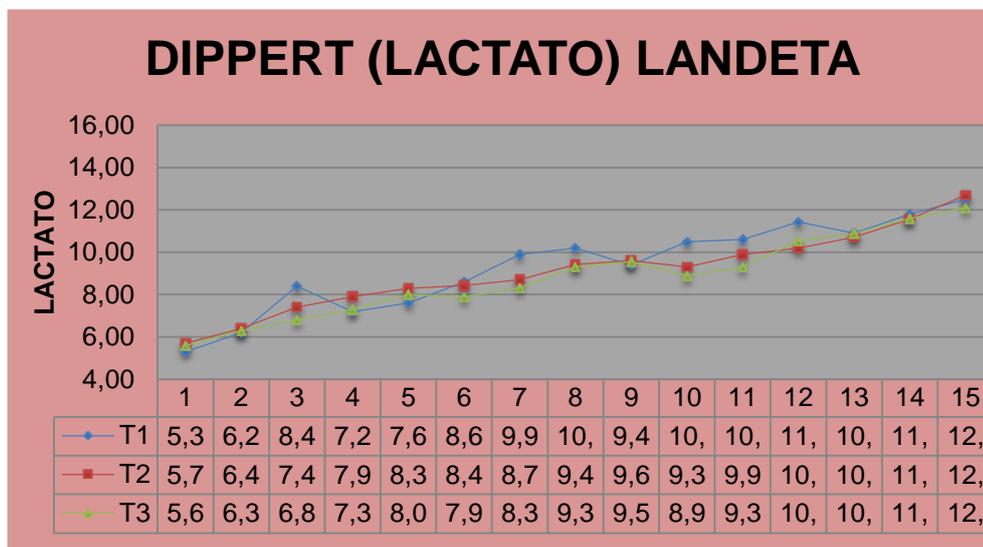


Figura 30. Landeta aplicación del test individual

Tabla 20. Comportamiento del equipo al realizar el test de dippert

PROMEDIOS DEL EQUIPO DEL LACTATO DEL TEST DIPPERT			
LACTATO	LAC. MIN	LAC. MAX	LAC. PROM
RUALES	8,5	10,3	9,5
TORRES	8,0	9,6	8,9
LANDETA	8,7	9,5	9,1
Mmol.			

En esta tabla podemos analizar el comportamiento del lactato por equipo en el test de dippert, y a su vez el análisis de sus correspondientes tales como: máximas, mínimas y promedio.

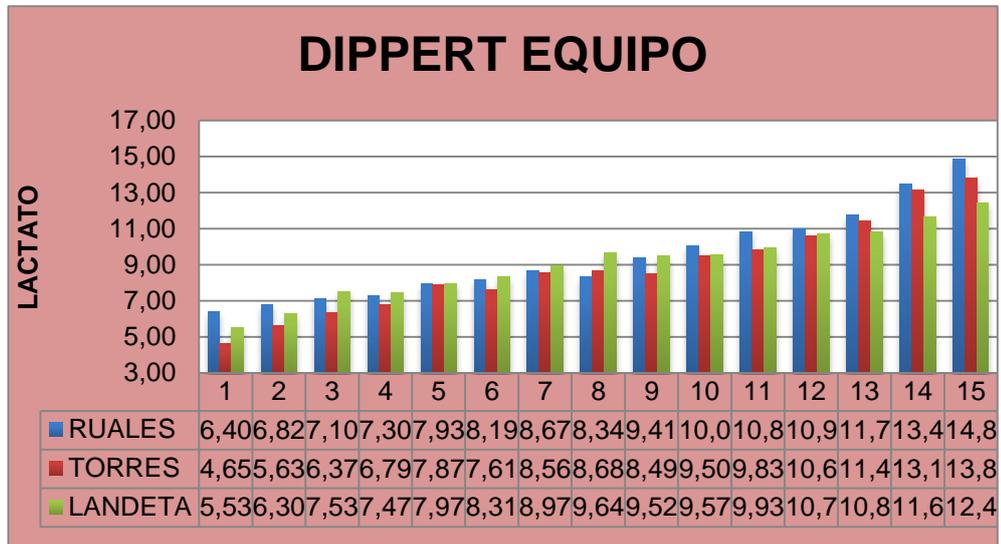


Figura 31. Análisis del equipo lactato al realizar el test de dipPERT

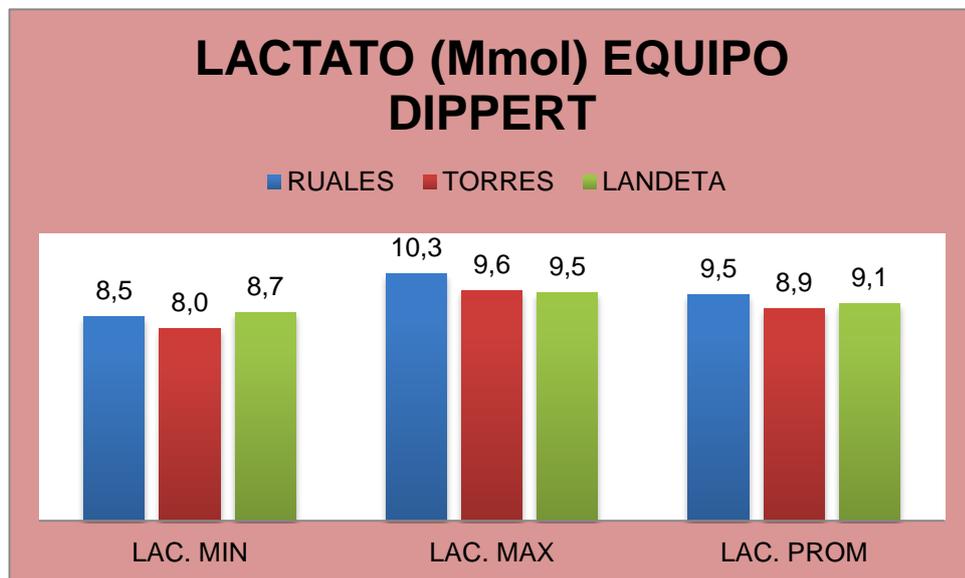


Figura 32. Análisis del equipo de sus promedios.

### 5.2.2. Recuperación del Lactato después del test de Dippert

Tabla 21. Comportamiento del lactato después del test de dippert

RECUPERACIÓN LACTATO	LACT. REP.	LACT. LL.	TIEMPO					LACT. MIN.	LACT. MAX.	VELOCIDAD DE REC. LACT. Mol.	PROM. LACT.
			1'	2'	3'	4'	5'				
RUALES DAVID	4,00	15,80	18,06	13,20	10,0	9,30	9,00	9,00	18,06	1,36	12,56
TORRES GUILLERMO	5,00	13,50	15,30	14,90	14,5	13,4	10,5	10,5	15,30	0,60	13,68
LANDETA DARIO	6,00	14,20	16,10	15,80	15,4	14,9	12,5	12,5	16,10	0,34	14,82

En esta tabla podemos observar el comportamiento individual y grupal de los deportistas con relación al lactato en reposo, al lactato al llegar del test, y los 5 datos tomados por cada minuto para su recuperación lo que nos ayudara para determinar respectivamente el lactato mínimo, la máxima y un promedio de velocidad de recuperación que posee cada deportista.

Comportamiento del lactato en los 5 minutos de recuperación después del test de dippert.



Figura 33. Recuperación lactato después del test de Rúales David



Figura 34. Recuperación lactato después del test de Torres Guillermo



Figura 35. Recuperación lactato después del test de Landeta Darío

**Tabla 22. Comportamiento del lactato y sus variables tales como: mínima, máxima y Promedio individual de cada deportista después del test de dippert.**

DATOS RECUPERACIÓN	LAC. MIN.	LAC. MAX.	VELOCIDAD DE REC.LAC.	PROM. LAC
RUALES DAVID	9,00	18,06	1,36	12,56
TORRES GUILLERMO	10,5	15,30	0,60	13,68
LANDETA DARIO	12,5	16,10	0,34	14,82

En esta tabla vamos a analizar el comportamiento del lactato en sus promedios ya sea mínimas como máximas, la velocidad de recuperación y el promedio general del lactato de cada deportista.

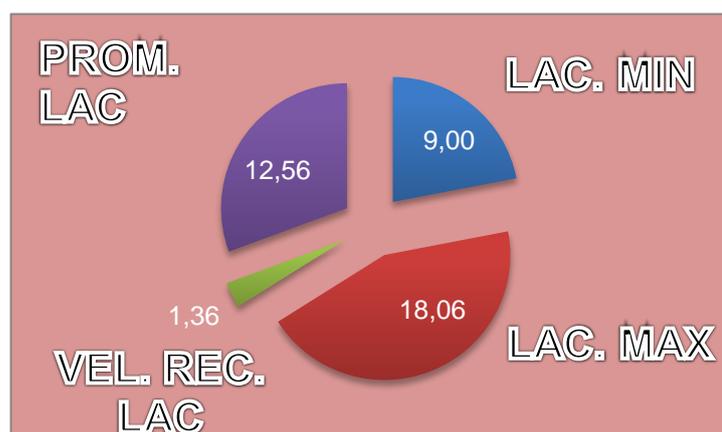


Figura 36. Datos de recuperación del lactato en Rúales David

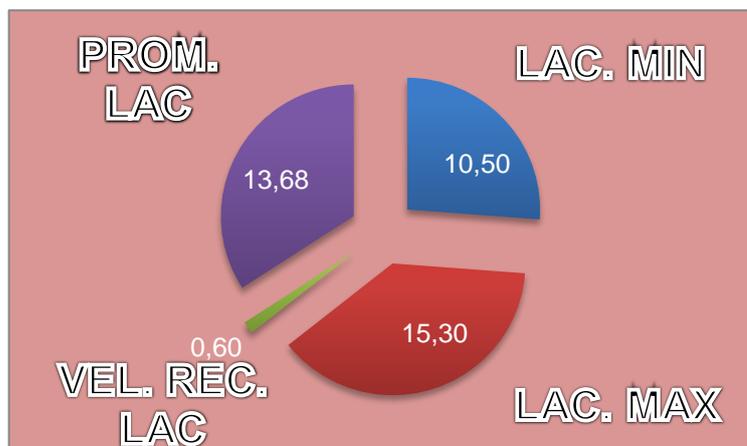


Figura 37. Datos de recuperación del lactato en Torres Guillermo

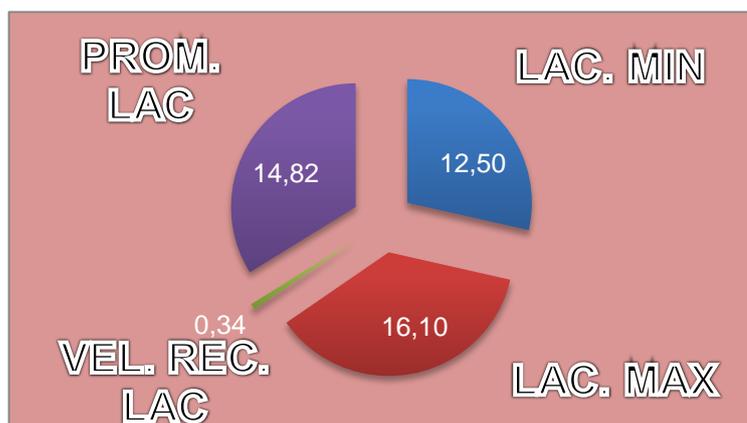


Figura 38. Datos de recuperación de lactato en Landeta Darío

**Tabla 23. Comportamiento del equipo en lactato para la recuperación después del test de dippert.**

PROMEDIOS DEL EQUIPO EN LACTATO	
LACT. MIN	10,67
LACT. MAX.	16,49
LACT. PROMEDIO	13,69
VELOCIDAD DE REC.	0,77

Estos datos corresponden a los promedios del equipo en su comportamiento de recuperación del lactato, considerando el promedio mínimo, máximo y en general y la velocidad de recuperación del equipo.

### 5.2.3. Comportamiento individual del lactato en reposo

Tabla 24. Lactato en reposo de los deportistas

MUESTRAS								
LACTATO EN REPOSO	1	2	3	4	5	LAC. MIN.	LAC. MAX.	PROM. LAC
RUALES DAVID	4,0	5,1	4,6	6,1	7,2	4,0	7,2	5,4
TORRES GUILLERMO	5,0	5,5	6,3	4,8	4,5	4,5	6,3	5,2
LANDETA DAVID	6,0	6,2	5,3	4,3	4,5	4,3	6,2	5,3

Esta tabla muestra el comportamiento del lactato en reposo tomando referencia 5 muestras y a su vez podemos analizar sus variables respectivas como su promedio, lactato máximo y mínimo de los deportistas.



Figura 39. Dato del lactato en reposo de Rúales



Figura 40. Dato del lactato en reposo de Torres Guillermo

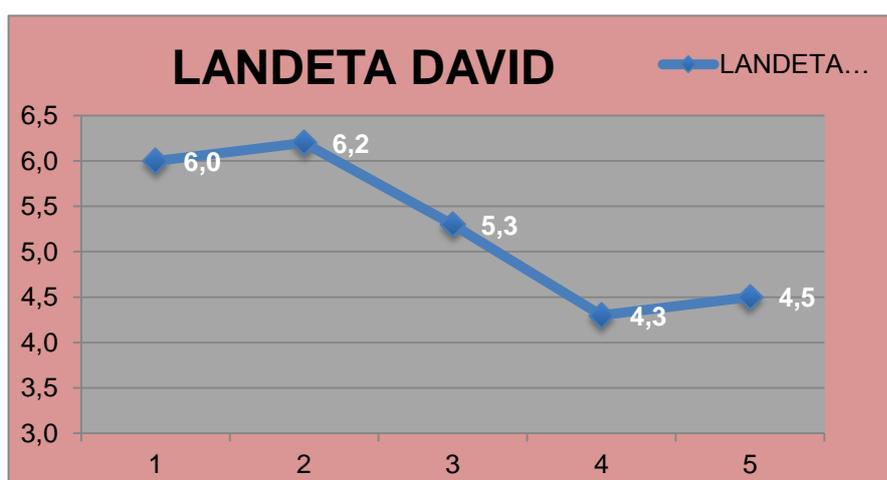


Figura 41. Dato del lactato en reposo de Landeta Darío

**Tabla 25. Comportamiento por equipo del lactato en reposo.**

DATOS DE EQUIPO DEL LACTATO EN REPOSO			
LACTATO EN REPOSO	LAC. MIN.	LAC. MAX.	PROM. LAC
RUALES DAVID	4,0	7,2	5,4
TORRES GUILLERMO	4,5	6,3	5,2
LANDETA DAVID	4,3	6,2	5,3

Estos datos corresponden a los promedios del equipo en su comportamiento del lactato en reposo considerando el promedio mínimo, máximo y en general.



Figura 42. Dato promedio del Lactato del equipo



Figura 43. Dato del lactato en reposo del equipo

### 5.3. Analizar el comportamiento del intercambio gaseoso en los deportistas de pentatlón moderno del Ecuador.

#### 5.3.1. Interpretación individual.

Tabla 26. Comportamiento individual con el intercambiador de gases VO2000 del deportista Rúaless David.

TEST DIPPERT CON MAQUINA VO2000							
PESO	76	RUALES DAVID					
VO2MAX							
VUELTAS	RITMOS /400m.	FC	VO2/ml/kg/ min	VO2/ml. min	CO2/ml.min	RQ	PULSO DE O2
1	0:01:36	152	32,89	2500	2000	0,80	16,45
2	0:01:34	166	34,47	2620	2003	0,76	15,78
3	0:01:32	168	36,16	2748	2364	0,86	16,36
4	0:01:30	172	36,97	2810	2489	0,89	16,34
5	0:01:28	174	38,24	2906	2578	0,89	16,70
6	0:01:26	175	39,53	3004	2689	0,90	17,17
7	0:01:24	178	43,28	3289	3278	1,00	18,48
8	0:01:22	179	44,16	3356	3265	0,97	18,75
9	0:01:20	181	47,61	3618	3576	0,99	19,99
10	0:01:18	183	48,00	3648	3567	0,98	19,93
11	0:01:16	185	52,20	3967	3845	0,97	21,44
12	0:01:14	186	54,68	4156	4134	0,99	22,34
13	0:01:12	187	56,12	4265	4256	1,00	22,81
14	0:01:10	188	57,32	4356	4325	0,99	23,17
15	0:01:10	188	61,55	4678	4478	0,96	24,88

En estos resultados podemos analizar e interpretar el comportamiento fisiológico y gaseoso del deportista Rúales David en la aplicación del test de dippert en donde podemos apreciar como el consumo de  $VO_2$  y  $CO_2$  se va incrementando de 2500 hasta 4448 que en la gráfica que mostramos apreciamos el cambio exacto de la capacidad aeróbica a la anaeróbica y también podemos determinar en qué vuelta del test ocurrió el cambio de capacidad, siendo la vuelta 7.

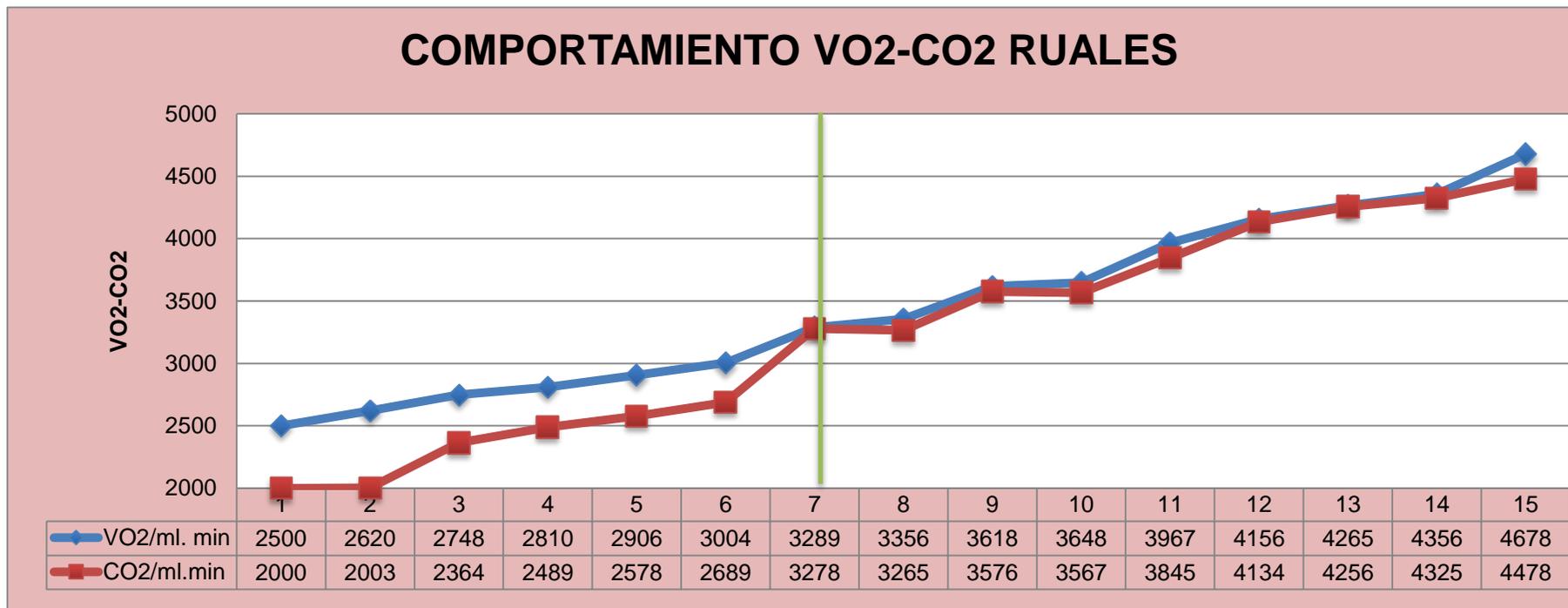


Figura 44. Dato del comportamiento del  $VO_2$  y  $CO_2$  del deportista Rúales David

**Tabla 27. Comportamiento individual con el intercambiador de gases VO2000 del deportista Torres Guillermo.**

TEST DIPPERT CON MAQUINA VO2000							
VO2MAX	79	TORRES GUILLERMO					
VUELTAS	RITMOS /400m.	FC	VO2/ml/kg/ min	VO2/ml. min	CO2/ml.min	RQ	PULSO DE O2
1	0:01:48	158	30,56	2414	1800	0,75	15,28
2	0:01:46	160	33,48	2645	1900	0,72	16,53
3	0:01:44	166	35,30	2789	2035	0,73	16,80
4	0:01:42	167	36,58	2890	2376	0,82	17,31
5	0:01:40	170	36,84	2910	2598	0,89	17,12
6	0:01:38	172	36,96	2920	2795	0,96	16,98
7	0:01:36	174	40,37	3189	3095	0,97	18,33
8	0:01:34	175	41,08	3245	3241	1,00	18,54
9	0:01:32	177	43,75	3456	3389	0,98	19,53
10	0:01:30	180	44,08	3482	3492	1,00	19,34
11	0:01:28	182	46,01	3635	3645	1,00	19,97
12	0:01:26	184	48,81	3856	3785	0,98	20,96
13	0:01:24	185	51,73	4087	3998	0,98	22,09
14	0:01:22	189	52,14	4119	4100	1,00	21,79
15	0:01:20	192	53,87	4256	4157	0,98	22,17

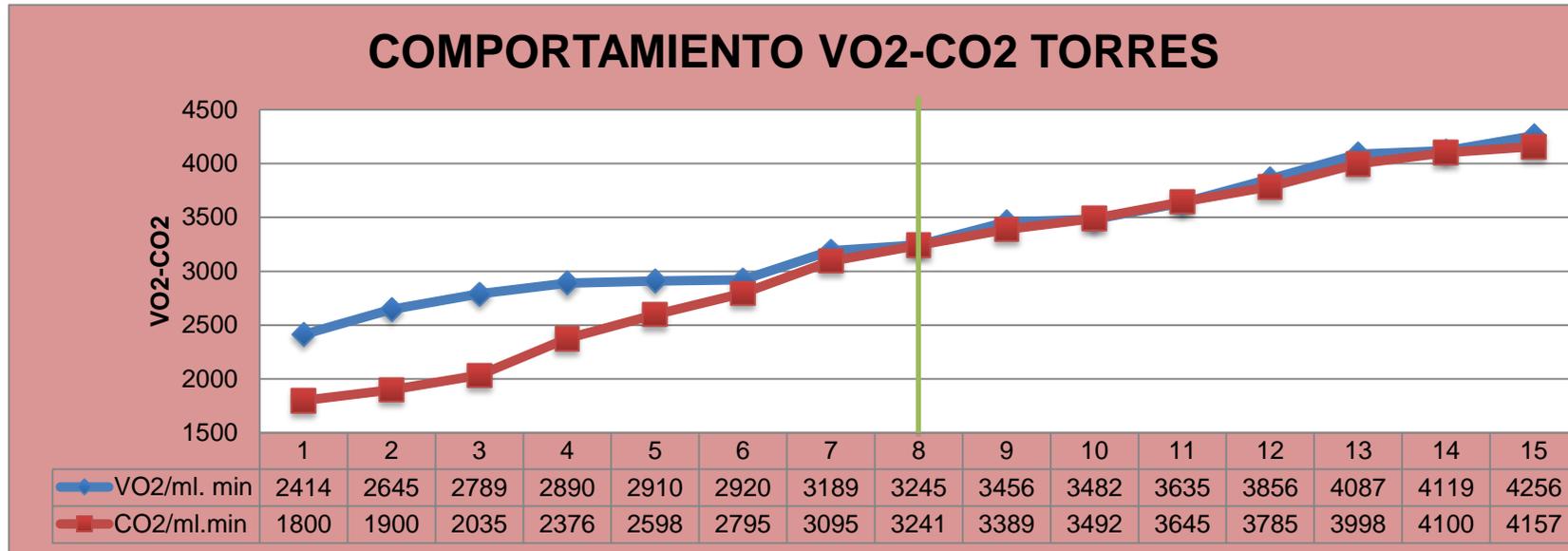


Figura 45. Dato del comportamiento del VO2 y CO2 del deportista Torres Guillermo

En estos resultados podemos analizar e interpretar el comportamiento fisiológico y gaseoso del deportista Torres Guillermo en la aplicación del test de dippert en donde podemos apreciar como el consumo de vo2 y co2 se va incrementando de 1800 hasta 4256 que en la gráfica que mostramos apreciamos el cambio exacto de la capacidad aeróbica a la anaeróbica y también podemos determinar en qué vuelta del test ocurrió el cambio de capacidad siendo la vuelta 8.

**Tabla 28. Comportamiento individual con el intercambiador de gases VO2000 del deportista Landeta Daria.**

TEST DIPPERT CON MAQUINA VO2000							
VO2MAX	72	LANDETA DARIO					
VUELTAS	RITMOS /400m.	FC	VO2/ml/kg/ min	VO2/ml. min	CO2/ml.min	RQ	PULSO DE O2
1	0:01:48	147	34,72	2500	2000	0,80	17,01
2	0:01:46	159	36,25	2610	2188	0,84	16,42
3	0:01:44	160	41,33	2976	2365	0,79	18,60
4	0:01:42	165	41,50	2988	2645	0,89	18,11
5	0:01:40	166	41,67	3000	2756	0,92	18,07
6	0:01:38	167	42,92	3090	2856	0,92	18,50
7	0:01:36	171	44,17	3180	3178	1,00	18,60
8	0:01:34	174	46,76	3367	3299	0,98	19,35
9	0:01:32	177	46,92	3378	3300	0,98	19,08
10	0:01:30	177	47,07	3389	3323	0,98	19,15
11	0:01:28	180	47,39	3412	3333	0,98	18,96
12	0:01:26	184	48,31	3478	3356	0,96	18,90
13	0:01:24	184	49,26	3547	3489	0,98	19,28
14	0:01:22	187	50,49	3635	3524	0,97	19,44
15	0:01:20	190	53,71	3867	3734	0,97	20,35

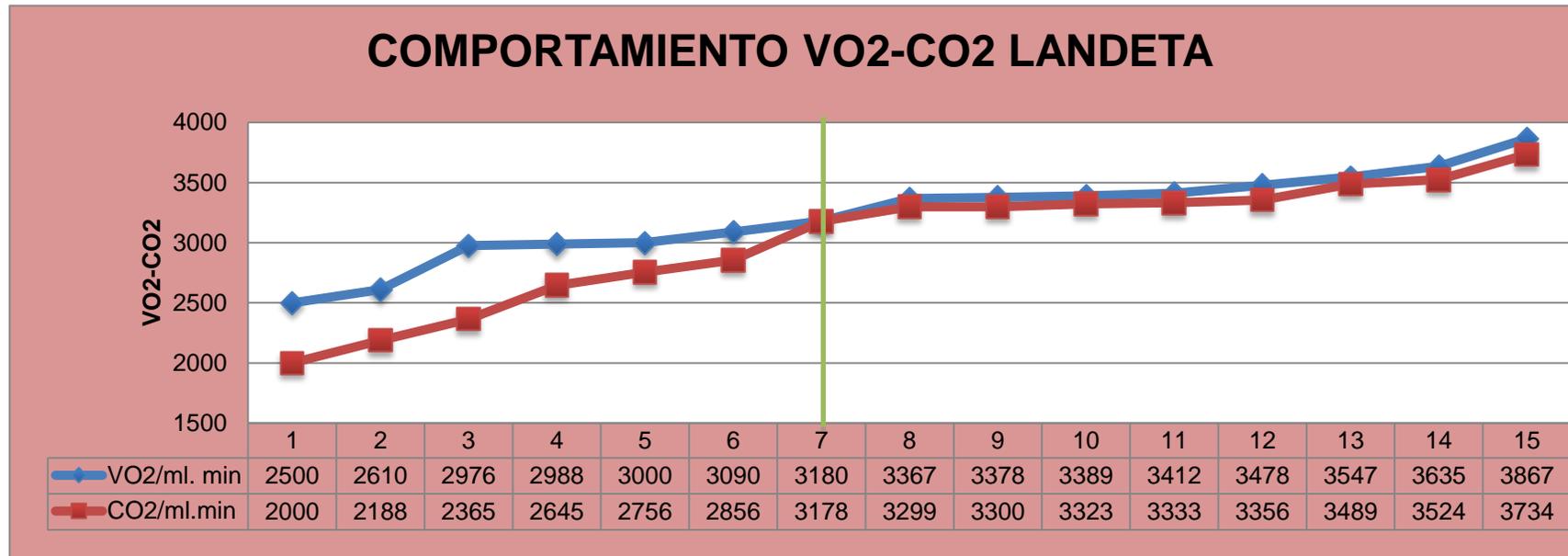


Figura 46. Dato del comportamiento del VO2 y CO2 del deportista Landeta Darío

En estos resultados podemos analizar e interpretar el comportamiento fisiológico y gaseoso del deportista Landeta Darío en la aplicación del test de dippert en donde podemos apreciar como el consumo de vo2 y co2 se va incrementando de 2000 hasta 3867 que en la gráfica que mostramos apreciamos el cambio exacto de la capacidad aeróbica a la anaeróbica y también podemos determinar en qué vuelta del test ocurrió el cambio de capacidad siendo la 7.

### 5.3.2. Interpretación del VO2 – CO2 del equipo de pentatlon moderno.

PROMEDIOS VO2 DEL EQUIPO						
VUELTAS	VO2/ml/kg/ min					
	RUALES	TORRES	LANDETA	VO2. MIN	VO2. MAX	VO2. PROM
1	32,89	30,56	34,72	30,56	34,72	32,72
2	34,47	33,48	36,25	33,48	36,25	34,73
3	36,16	35,30	41,33	35,30	41,33	37,60
4	36,97	36,58	41,5	36,58	41,50	38,35
5	38,24	36,84	41,67	36,84	41,67	38,92
6	39,53	36,96	42,92	36,96	42,92	39,80
7	43,28	40,37	44,17	40,37	44,17	42,61
8	44,16	41,08	46,76	41,08	46,76	44,00
9	47,61	43,75	46,92	43,75	47,61	46,09
10	48,00	44,08	47,07	44,08	48,00	46,38
11	52,20	46,01	47,39	46,01	52,20	48,53
12	54,68	48,81	48,31	48,31	54,68	50,60
13	56,12	51,73	49,26	49,26	56,12	52,37
14	57,32	52,14	50,49	50,49	57,32	53,32
15	61,55	53,87	53,71	53,71	61,55	56,38
	PROM. GENERAL			41,79	47,12	44,16

En estos resultados podemos interpretar los resultados obtenidos en el intercambiador de gases donde los valores del VO2 se visualizan en cada deportista y por cada vuelta realizada y podemos realizar la comparación, también de los promedios de VO2 tanto mínimos como máximos y un promedio que nos indica cuál sería su VO2 máximo en general.

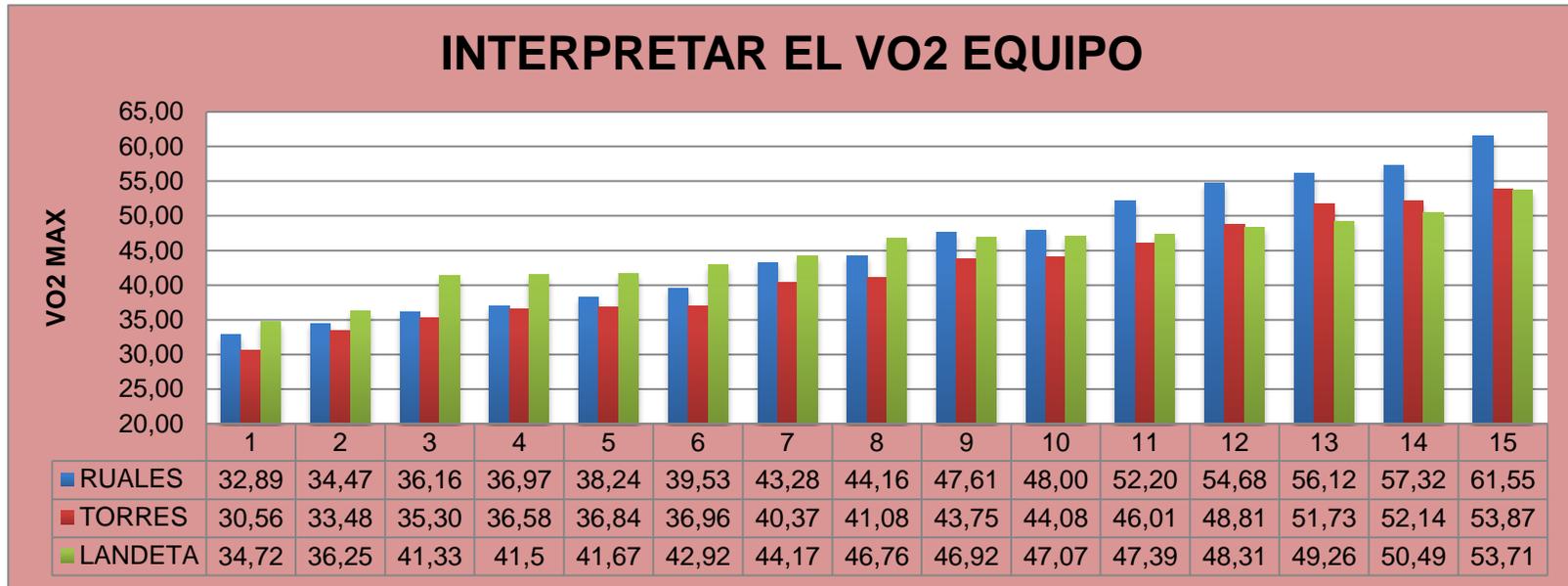


Figura 47. Datos de comparación del VO2 de los deportistas.

En esta figura observamos el comportamiento de cada deportista en donde el deportista rúales es el que mejor se comporta con respecto al VO2, se nota la progresión en cada vuelta que se realizó del test hasta culminar en el vo2 máximo, los otros dos deportistas de igual manera sus resultados son aceptables y se visualiza en la pronunciación en la tabla de datos.

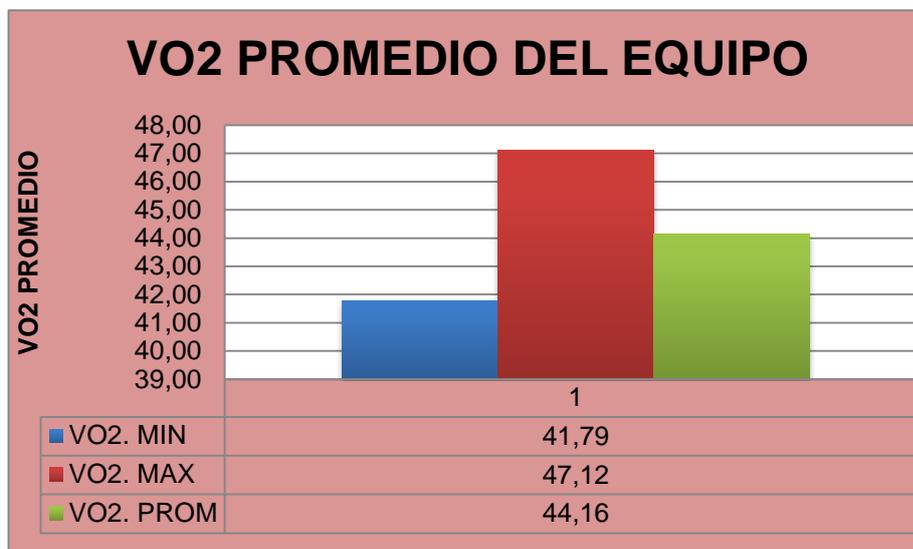


Figura 48. Dato del VO2 promedio del equipo de pentatlón moderno



Figura 49. Dato del VO2 Máximo del equipo de pentatlón moderno

Este dato es el VO2 Máximo obtenido en el test de Dippert con la máquina de intercambiador de gases VO2000.

Este resultado es primordial para calcular las zonas de entrenamiento, así como también lo será los datos de FC.

#### 5.4. Determinar las zonas de entrenamiento individuales en los deportistas de la selección de pentatlón moderno del Ecuador.

**Tabla 29. Zona de entrenamiento del deportista Ruales David**

En base a los resultados obtenidos en el intercambiador de gases, las frecuencias cardiacas, y comportamiento del lactato, aplicado en los diferentes test, podemos determinar exactamente las zonas de entrenamiento idóneas para el deportista, lo cual aportara al entrenador y será la pauta para dirigir mejor el entrenamiento.

DEPORTISTA RUALES DAVID				
INTENSIDAD	ZONAS DE ENTRENAMIENTO	FC (PPM)	VO2 MAX	LACTATO (Mmol)
99-100%	UMBRAL ANAERÓBICO ALACTICO	186 - 188	61,55	13 A 15,3
96-98%	UMBRAL ANAERÓBICO LACTICO (INT)	182 - 185	54,6	11 A 12
95-96%	UMBRAL ANAERÓBICO LACTICO (EXT)	179 - 181	47,6	9 A 10
93% - 94%	LIMIAR	175 -178	44,16	7 A 8
92%	AERÓBICO	152 - 174	< 42	4 A 6

**Tabla 30. Zona de entrenamiento del deportista Torres Guillermo**

DEPORTISTA TORRES GUILLERMO				
INTENSIDAD	ZONAS DE ENTRENAMIENTO	FC (PPM)	VO2 MAX	LACTATO (Mmol)
99-100%	UMBRAL ANAERÓBICO ALACTICO	188 - 192	53	13 A 14,3
96-98%	UMBRAL ANAERÓBICO LACTICO (INT)	185 - 188	48	11 A 12
95-96%	UMBRAL ANAERÓBICO LACTICO (EXT)	181 - 184	46	10
93% - 94%	LIMIAR	175 - 180	40	7 A 9
92%	AERÓBICO	152 - 174	< 40	4 A 6

En base a los resultados obtenidos en el intercambiador de gases, las frecuencias cardiacas, y comportamiento del lactato, aplicado en los diferentes test, podemos determinar exactamente las zonas de entrenamiento idóneas para el deportista, lo cual aportara al entrenador y será la pauta para dirigir mejor el entrenamiento.

**Tabla 31. Zona de entrenamiento del deportista Landeta Dario**

DEPORTISTA LANDETA DARIO				
INTENSIDAD	ZONAS DE ENTRENAMIENTO	FC (PPM)	VO2 MAX	LACTATO (Mmol)
99-100%	UMBRAL ANAERÓBICO ALACTICO	188 - 190	51 - 53	11 A 12,5
96-98%	UMBRAL ANAERÓBICO LACTICO (INT)	180 - 187	48 - 50	9 A 10
95-96%	UMBRAL ANAERÓBICO LACTICO (EXT)	172 - 179	45 - 47	8 A 9
93% - 94%	LIMIAR	168 - 171	43 - 44	6 A 7
92%	AERÓBICO	147 - 167	< 42	5 A 6

En base a los resultados obtenidos en el intercambiador de gases, las frecuencias cardiacas, y comportamiento del lactato, aplicado en los diferentes test, podemos determinar exactamente las zonas de entrenamiento idóneas para el deportista, lo cual aportara al entrenador y será la pauta para dirigir mejor el entrenamiento.

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- Durante la presente investigación con los deportistas del equipo de pentatlón moderno, se pudo analizar y relacionar datos de frecuencia cardiaca, lactato, intercambio de gases pulmonares (VO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>), test de esfuerzo progresivo maximal (DIPPERT) y recuperación.
- Durante la presente investigación con los cadetes del equipo de pentatlón moderno se pudo obtener datos en reposo con pulsaciones mínimas de 36 ppm, la pulsación máxima de 45 ppm y el promedio del equipo en 40 ppm, con respecto a la frecuencia cardiaca el comportamiento durante el test obtuvo unas pulsaciones mínimas de 147 ppm, máxima de 192 ppm y un promedio de 174 ppm, la frecuencia cardiaca después del test obtuvo los siguientes promedios del equipo, la mínima de 142 ppm, máxima de 183 ppm, promedio de 161 ppm y una velocidad de recuperación de 8,6 ppm, En sujetos entrenados dicha frecuencia cardiaca puede oscilar entre los 28 y 40 ppm (Wilmore & Costil, 2007), además podemos recalcar que estos datos de equipo demuestran que el deportista ruales obtiene resultados acorde al alto rendimiento, mientras que la condición de los otros dos deportistas es normal de un deportista que recién se encuentra entrando en ritmo de competencia al ser nuevos en el deporte.
- A lo que se refiere al lactato los datos del equipo son los siguientes; lactato en reposo con un mínimo de 4 mmol, máximo de 7,2 mmol y un promedio del equipo 5,3 mmol, con respecto al

lactato durante el test los resultados fueron; 4 mmol mínima, máxima de 15,8 mmol, y un promedio de 10 mmol, y con respecto al lactato despues del test se obtuvo una mínima de 9 mmol, máxima de 18,06 mmol, promedio de 13,5 mmol y una velocidad de recuperación del equipo de 0,6 de mmol.

- Se identificó el VO<sub>2</sub> mediante el test de dippert obtuvimos los siguientes resultados por medio de la maquina VO2000, siendo la referencia de 30,56 VO<sub>2</sub> mínimo, 61,55 VO<sub>2</sub> máximo, y un promedio de 45,3 VO<sub>2</sub>, como podemos determinar que los valores mencionados determinan la condición física del equipo, en este punto ya podemos determinar que la mejor marca fue de ruales david confirmando su capacidad fisiológica, de igual maner los otros dos deportistas se encuentran en buena condición con tendencia a mejorar al alto rendimiento.
- Se identificó los umbrales en los deportistas identificando el momento en que se produce el intercambio de la zona aeróbica y pasa a la zona anaeróbica a esto lo llamamos el limiar, siendo como promedio en VO<sub>2</sub>/ml.min 3250 y en CO<sub>2</sub>/mi.min 3210, esto corresponde a un limiar de 40 a 44 de su vo<sub>2</sub> maximo del equipo siendo la pauta para tranajar por zonas de entrenamiento.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- Se realice estos chequeos y test periodicamnete para determinar exactamente nuevos cambios ya sea en su FC, o mediciones de lactato, lo cual ayudaran al entrenador a replantear las zonas de entrenamiento y las intencidades en las mismas.

- Se realice los planes de entrenamiento individuales para cada deportista de alto rendimiento, y observar siempre la parte técnica de la mano de la parte física.
- Se realice chequeos de la parte técnica para los deportistas Torres y Landeta al trabajo en pista en vista que ellos poseen buena aptitud física pero la técnica de carrera falta mejorar.
- Se coordine con instituciones o centros de estudio de la actividad física, deportes y recreación nacionales e internacionales para que los estudiantes de nuestra carrera puedan obtener nuevos conocimientos y experiencias en lo que a nuestra área se refiere siendo este el factor motivante para realizar investigación, de esta manera cambiando la perspectiva y la visión del profesional graduado en Ciencias de la Actividad Física, Deportes y Recreación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Se gestione la adquisición de nuevas e innovadoras tecnologías que en la actualidad se encuentran brindando el apoyo para el mejoramiento de los procesos de evaluación y control en lo que a la actividad física y el deporte se refiere.
- Se explote al máximo el empleo de estas nuevas tecnologías para proveer el conocimiento a nuestros estudiantes y de esta manera sean profesionales con gran capacidad y solvencia para que así aporten al desarrollo de la actividad física, recreación y deporte nacional.

## BIBLIOGRAFÍA:

Barnaby, J. (2002). Fisiología del Ejercicio Físico y del entrenamiento. Madrid: Paidotribo.

Berzelius (1807). [es.wikipedia.org/wiki/Ácido\\_láctico](http://es.wikipedia.org/wiki/Ácido_láctico), Definiciones.

Cejuela, R., Chinchilla, J., Cortell, J., & Perez, J. (2010). Nuevas Tendencias del Entrenamiento Deportivo. Alicante: Cottolengo. (Beaver, Wasserman & Whipp, 1986c), (Wasserman, Beaver & Whipp, 1990), (Davis et ál., 1983), (Davis, Frank, Whipp & Wasserman, 1979; Reinhard, Muller & Schmulling, 1979). Aunola y Rusko (Aunola & Rusko, 1986). Smith y O'Donnell (Smith & O'Donnell, 1984).

Chicharro, J., & Fernández, A. (2006). Fisiología del Ejercicio. Madrid: Panamericana.

David. R. Lamb, (2009). Fisiología del Ejercicio, Respuestas y Adaptaciones.

De Araujo , C., & Matos, L. (2005). "Maximal heart rate in exercise tests on treadmill and in a cycloergometer of lower limbs".

Garcia, Mariano (2007). Resistencia y entrenamiento: Una metodología práctica. Barcelona: Paidotribo.

Garcia, Mariano (2008). Programación del entrenamiento de la resistencia. Madrid.

Lopez, Pablo de Viñespre (2009), Manual de Educación Física y Recreación Oceano.

Mc Ardle, W., Katch, F., Katch, V., & Ardle, M. (2004). Fisiología del Ejercicio. Madrid: McGraw Hill.

Mckenna (1992), Edington y cols (1976), Variaciones del pH en los esfuerzos de alta intensidad y su incidencia sobre el rendimiento [www.efdeportes.com/efd17a/ph.htm](http://www.efdeportes.com/efd17a/ph.htm).

Michael, J. Alter, Roger Apolinaire y otros; Editorial Paidotribo (1990), Enciclopedia General del Ejercicio.

Saltin, B., & Karlsson, J. (1971). Muscle Glycogen utilization during work of different intensities. Plenum Press-New York, 289-299.

Scheele (1780), [es.wikipedia.org/wiki/Ácido\\_láctico](https://es.wikipedia.org/wiki/Ácido_láctico), Definiciones.

Shetler, K., Marcus, R., Froilicher, V., & Shefali, V. (2001). Heart rate recovery. *Journal of American Collage o Cardiology*.

Wasserman , K., & Mclroy . (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *PubMed*, 14: 844-852.

Whaley, (1992). *Fundamentos de Fisiología de la Actividad Física y Deporte*.

Wilmore & Costil, (2007.). *Fisiología del Esfuerzo y el Deporte*.









