



REGISTRO Y ASIGNACIÓN DE SINODALES PARA EXAMEN PROFESIONAL

NOMBRE: C. PRISCILLA GARCÍA WONG AVILÉS

TEMA DE TESIS: FIABILIDAD Y REPRODUCTIBILIDAD DE DIVERSAS ECUACIONES PARA PREDECIR EL VO₂max EN LA PRUEBA COURSE NAVETTE PARA ADULTOS JÓVENES MEXICANOS.

Este tema ha sido revisado y aprobado por los miembros del comité revisor para su desarrollo y posterior defensa en la segunda etapa del examen profesional.

JURADO CALIFICADOR	GRADO, NOMBRE COMPLETO Y CORRECTO
PRESIDENTE:	M.C. PATRICIA CONCEPCIÓN GARCÍA SUÁREZ
SECRETARIO:	MEFyDE. JUAN RAMÓN GALLEGOS RAMÍREZ
SIN.PROPIETARIO:	MAPE. ERMILO CANTÓN MARTÍNEZ
SIN. SUPLENTE	M.C. GABRIELA VALLES VERDUGO
SIN. SUPLENTE	M.E. ESTEBAN HERNÁNDEZ ARMAS

El trabajo escrito fue dirigido por el Dr. Alberto Jiménez Maldonado y M.C. Iván Rentería.

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA A 13 DE SEPTIEMBRE DEL AÑO 2018

VO. BO

M.E. ESTEBAN HERNÁNDEZ ARMAS
SIBDIRECTOR FACULTAD DE
DEPORTES CAMPUS ENSENADA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA



APROBACIÓN

MTRO. EMILIO MANUEL ARRAYALES MILLÁN
DIRECTOR

Ensenada, Baja California., a 12 DE SEPTIEMBRE DE 2018

M.E. ESTEBAN HERNÁNDEZ ARMAS
SUBDIRECTOR FACULTAD DE DEPORTES CAMPUS ENSENADA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
P R E S E N T E.-

Por medio de la presente informamos que el alumno(a):

PRISCILLA GARCÍA WONG AVILÉS

con matrícula No. 342335 inscrito(a) en el programa de Licenciatura en
ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE,

concluyó con su Tesis titulada:

FIABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE DIVERSAS ECUACIONES
PARA PREDECIR EL VO_{2MAX} EN LA PRUEBA COURSE NAVETTE
PARA ADULTOS JÓVENES MEXICANOS.

El grupo de sinodales conformado por:

Presidente: M.C. PATRICIA CONCEPCIÓN GARCÍA SUÁREZ

Secretario: M.E. DE JUAN RAMÓN GALLEGOS RAMÍREZ

Vocal: M.A.P.E. ERMILO CANTON MARTÍNEZ

Hemos revisado, corregido, **aprobado y liberado el trabajo de tesis para la presentación en su Examen de Grado.**

Solicitamos a usted autorice que una vez que se programe el Examen de Grado se nos notifique por escrito la fecha, lugar y hora donde se llevará a cabo el citado Examen Profesional.

Sin otro particular y en espera de su respuesta.

ATENTAMENTE,


Presidente


Secretario


Vocal

Universidad Autónoma de Baja California

FACULTAD DE DEPORTES CAMPUS ENSENADA

MC PATRICIA CONCEPCIÓN GARCÍA SUÁREZ
Presente

Por este conducto me permito notificarle, que tengo a bien asignarlo como sinodal del trabajo de tesis FIABILIDAD Y REPRODUCTIBILIDAD DE DIVERSAS ECUACIONES PARA PREDECIR EL VO2max EN LA PRUEBA COURSE NAVETTE PARA ADULTOS JÓVENES MEXICANOS", que presenta la alumna Priscilla García Wong Avilés, con la plena seguridad de que sabrá responder con esfuerzo y capacidad al desarrollo de los fines de la institución.

Sin otro particular por el momento, y agradeciendo de antemano el apoyo brindado a nuestra Unidad Académica, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE"

Ensenada, Baja California, a 09 de agosto de 2018


MTRO. ESTEBAN HERNÁNDEZ ARMAS
SUBDIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA



**FACULTAD DE
DEPORTES**

Universidad Autónoma de Baja California

FACULTAD DE DEPORTES CAMPUS ENSENADA

MEFyDE JUAN RAMÓN GALLEGOS RAMÍREZ
Presente

Por este conducto me permito notificarle, que tengo a bien asignarlo como sinodal del trabajo de tesis FIABILIDAD Y REPRODUCTIBILIDAD DE DIVERSAS ECUACIONES PARA PREDECIR EL VO₂max EN LA PRUEBA COURSE NAVETTE PARA ADULTOS JÓVENES MEXICANOS", que presenta la alumna Priscilla García Wong Avilés, con la plena seguridad de que sabrá responder con esfuerzo y capacidad al desarrollo de los fines de la institución.

Sin otro particular por el momento, y agradeciendo de antemano el apoyo brindado a nuestra Unidad Académica, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE"

Ensenada, Baja California, a 01 de septiembre de 2017



MTRO. ESTEBAN HERNÁNDEZ ARMAS
SUBDIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE
DEPORTES

Universidad Autónoma de Baja California

FACULTAD DE DEPORTES CAMPUS ENSENADA

MAPE ERMILO CANTÓN MARTÍNEZ
Presente

Por este conducto me permito notificarle, que tengo a bien asignarlo como sinodal del trabajo de tesis FIABILIDAD Y REPRODUCTIBILIDAD DE DIVERSAS ECUACIONES PARA PREDECIR EL VO₂max EN LA PRUEBA COURSE NAVETTE PARA ADULTOS JÓVENES MEXICANOS", que presenta la alumna Priscilla García Wong Avilés, con la plena seguridad de que sabrá responder con esfuerzo y capacidad al desarrollo de los fines de la institución.

Sin otro particular por el momento, y agradeciendo de antemano el apoyo brindado a nuestra Unidad Académica, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE"

Ensenada, Baja California, a 01 de septiembre de 2017



MTRO. ESTEBAN HERNÁNDEZ ARMAS
SUBDIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE
DEPORTES

Universidad Autónoma de Baja California

FACULTAD DE DEPORTES CAMPUS ENSENADA

Dr. Alberto Jiménez Maldonado
Presente

Por este conducto me permito notificarle, que tengo a bien asignarlo como director del trabajo de tesis FIABILIDAD Y REPRODUCTIBILIDAD DE DIVERSAS ECUACIONES PARA PREDECIR EL VO₂max EN LA PRUEBA COURSE NAVETTE PARA ADULTOS JÓVENES MEXICANOS", que presenta la alumna Priscilla García Wong Avilés, con la plena seguridad de que sabrá responder con esfuerzo y capacidad al desarrollo de los fines de la institución.

Sin otro particular por el momento, y agradeciendo de antemano el apoyo brindado a nuestra Unidad Académica, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE"

Ensenada, Baja California, a 01 de septiembre de 2017


MTRO. ESTEBAN HERNÁNDEZ ARMAS
SUBDIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE
DEPORTES

Universidad Autónoma de Baja California

FACULTAD DE DEPORTES CAMPUS ENSENADA

MC Iván Rentería
Presente

Por este conducto me permito notificarle, que tengo a bien asignarlo como director del trabajo de tesis FIABILIDAD Y REPRODUCTIBILIDAD DE DIVERSAS ECUACIONES PARA PREDECIR EL VO₂max EN LA PRUEBA COURSE NAVETTE PARA ADULTOS JÓVENES MEXICANOS", que presenta la alumna Priscilla García Wong Avilés, con la plena seguridad de que sabrá responder con esfuerzo y capacidad al desarrollo de los fines de la institución.

Sin otro particular por el momento, y agradeciendo de antemano el apoyo brindado a nuestra Unidad Académica, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE"

Ensenada, Baja California, a 01 de septiembre de 2017

MTRO. ESTEBAN HERNÁNDEZ ARMAS
SUBDIRECTOR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE
DEPORTES

M.E. ESTEBAN HERNÁNDEZ ARMAS

Subdirector Facultad de Deportes Campus Ensenada
Universidad Autónoma de Baja California
P r e s e n t e.-

Por medio del presente, me permito enviarle un cordial saludo y a la vez solicitar de la manera más atenta su autorización para que los profesores M.C. Patricia Concepción García Suárez, MEFyDE. Juan Ramón Gallegos Ramírez y MAPE. Ermilo Cantón Martínez, adscritos a la Facultad de Deportes Campus Ensenada de la Universidad Autónoma de Baja California, participen en carácter de sinodales del trabajo de tesis titulado "FIABILIDAD Y REPRODUCTIBILIDAD DE DIVERSAS ECUACIONES PARA PREDECIR EL VO_{2max} EN LA PRUEBA COURSE NAVETTE PARA ADULTOS JÓVENES MEXICANOS" que realizó la estudiante C. Priscilla García Wong Avilés con matrícula 342335, para obtener el grado de Licenciado en Actividad Física y Deporte.

Agradeciendo de antemano la atención que se sirva dar al presente, nos despedimos no sin antes reiterarle nuestra más alta consideración y compromiso institucional.

A T E N T A M E N T E

Ensenada, Baja California., a 6 de agosto de 2018

DR. ALBERTO JIMÉNEZ MALDONADO
Director de Tesis

M.C. IVÁN RENTERÍA
Co-Director de Tesis



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE DEPORTES CAMPUS ENSENADA

**FIABILIDAD Y REPRODUCTIBILIDAD DE DIVERSAS ECUACIONES
PARA PREDECIR EL VO_{2max} EN LA PRUEBA COURSE NAVETTE
PARA ADULTOS JÓVENES MEXICANOS**

**Tesis para Obtener el Grado de Licenciatura en Actividad Física y
Deporte**

PRESENTA:

C. Priscilla García Wong Avilés

DIRECTOR: Dr. Alberto Jiménez Maldonado

CO-DIRECTOR: M.C. Iván Rentería

Ensenada, Baja California. Septiembre de 2018

DEDICATORIAS

A mi Madre:

Por su apoyo incondicional, incluso, en los momentos más difíciles. Por todo el cariño brindado a pesar de mis malos ratos. Por tal vez no entenderme completamente pero aun así estar ahí para mí, es por su ejemplo de vida que no me doy por vencida, y su lema que siempre será parte de mí: si fuera fácil, cualquiera lo haría. Te amo infinitamente a pesar de las circunstancias y a pesar de todo, no hay nadie como tú.

A mi Padre:

Por esa dedicación y amor por su profesión, porque ese ejemplo lo llevaré conmigo toda la vida al momento de aplicar lo aprendido en mi carrera, donde no sólo es dar un conocimiento científico, sino también es tener ese sentido de humanidad, de tratar a cada persona con el corazón y ser empática con ellos.

A Jesús Castillo:

Por toda la paciencia, por ser un apoyo demasiado grande en los momentos que quería tirar la toalla, por ser mi mejor amigo, tú fuiste quien me animaba y en verdad creía en la persona que me estaba convirtiendo, en lo que sé y en lo que puedo llegar a ser, este trabajo también es para ti, porque fuiste parte de él, me viste llorar y reír con él, gracias infinitas, te amo mucho.

A mi Facultad:

Por darme las herramientas necesarias para emprender en esta nueva etapa de mi vida, de aplicar todo lo aprendido, y sobre todo porque mi propósito es poner su nombre muy en alto, representarla con orgullo y mucho esmero. Siempre seré de la Facultad de Deportes, siempre seré cimarrona.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

No hay palabras para expresar cuan agradecida estoy, pues con el paso del tiempo durante mi carrera contestó muchas oraciones, encontré mi pasión, mi vocación y lo que más amo hacer, cada oportunidad brindada, cada persona que conocí, todo ha sido conforme a su propósito y sé que lo mejor está por venir, siempre reflejándolo a él, definitivamente todo ha sido gracias a él y para él.

A mis Padres:

Por todo su amor, por su apoyo incondicional, por siempre estar ahí, por aguantarme en mis momentos de estrés y frustración, por alegrarse y acompañarme en mis éxitos porque también han sido suyos. Sin ustedes en verdad no lo hubiera podido lograr. Los amo con todo mi corazón y siempre estaré agradecida con ustedes por cada lección, momento, enseñanza invertida inclusive por su ejemplo a lo largo de los años porque estos han construido la persona que soy. Que Dios los bendiga siempre.

A mis Maestros:

Por su ejemplo, por todas las enseñanzas brindadas, por hacer que me enamorara de mi carrera, que en verdad creo, es la mejor del mundo y cumple un rol sumamente importante dentro de la sociedad en estos momentos. Por cada oportunidad brindada que me hicieron crecer como estudiante y ahora como profesionista. Siempre estaré agradecida con ustedes y prometo siempre ponerlos orgullosos.

APORTACIONES

Los resultados obtenidos en el desarrollo del presente proyecto de tesis han sido presentados en los siguientes eventos académicos:

“Grado de asociación entre el nivel de actividad física obtenido a través del cuestionario IPAQ con la frecuencia cardiaca de recuperación después una prueba gradual de esfuerzo máximo en jóvenes universitarios”. Presentado en el 2^{do} Congreso Internacional Estudiantil de Ciencias del Ejercicio los días 26 y 27 de Abril de 2018. Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Modalidad de presentación oral.

“¿La ecuación de Leger es adecuada para determinar indirectamente el consumo máximo de oxígeno en la prueba de Course Navette en población mexicana? Un estudio preliminar”. 2^{do} Simposio Internacional de Tópicos Avanzados en Fisiología del Ejercicio. Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California, Campus Tijuana. En revisión para su publicación en modalidad de Abstract Académico en la Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. ISSN: 2255-0461. Modalidad de cartel.

ABREVIATURAS

ANOVA: Análisis de Varianza

FC: Frecuencia Cardíaca

FC BASAL: Frecuencia Cardíaca en Estado Basal

FC MAX: Frecuencia Cardíaca Máxima

FCR: Frecuencia Cardíaca de Recuperación

IMC: Índice de Masa Corporal

INBODY: Análisis de composición corporal a través de bioimpedancia eléctrica

IPAQ: *International Physical Activity Questionnaire*, Cuestionario Internacional de Actividad Física

MET: Unidad de medida del índice metabólico

mMol: Milimol por litro, establece el peso molecular de una sustancia en un litro

PAD: Presión arterial diastólica

PAR-Q: *Physical Activity Readlines Questionnaire*, Cuestionario de Aptitud para la Actividad Física

PAS: Presión arterial sistólica

PEG: Prueba de Gradual de Esfuerzo

PPM: Pulsaciones por minuto

POST PEG: Posterior a la prueba gradual de esfuerzo

RER: Tasa de Intercambio Respiratorio

SD: Desviación estándar

20mSRT: Siglas en inglés de shuttle run test o multistage 20 meters shuttle run test

VO₂: Consumo de oxígeno

VO_{2max}: Consumo máximo de oxígeno

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
APORTACIONES.....	4
ABREVIATURAS.....	5
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I.INTRODUCCIÓN.....	11
• ¿QUÉ ES EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO?.....	11
• ¿QUÉ FACTORES REGULAN EL VO_{2max} ?.....	12
• IMPACTO DEL VO_{2max} EN VARIABLES RELACIONADAS CON LA SALUD.....	14
• PRUEBAS DE ESFUERZO PARA DETERMINAR VO_{2max}	16
II.JUSTIFICACIÓN.....	20
III.PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	21
IV.HIPÓTESIS.....	21
V.OBJETIVO GENERAL.....	21
VI.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
VII.METODOLOGÍA.....	22
• PARTICIPANTES.....	22
• PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	22
• PRUEBA GRADUAL DE ESFUERZO	23
• PRUEBA DE CAMPO COURSE NAVETTE.....	25
VIII. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	28
IX.RESULTADOS.....	28

• RESPUESTAS CARDIOVASCULARES AL EJERCICIO FÍSICO GRADUAL.....	28
• RESPUESTAS METABÓLICAS, DE ESFUERZO Y RESPIRATORIAS DURANTE LA PRUEBA GRADUAL DE ESFUERZO CON ANALIZADOR DE GASES.....	29
• PRUEBA DE CAMPO COURSE NAVETTE.....	31
X.DISCUSIÓN.....	34
XI.CONCLUSIÓN.....	38
XII.PERSPECTIVAS.....	39
XIII.ANEXOS.....	40
XIV.BIBLIOGRAFÍA.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

1.- DATOS DEMOGRÁFICOS DE LOS PARTICIPANTES.....	28
2.- RESPUESTAS CARDIOVASCULARES AL EJERCICIO DE LOS PARTICIPANTES.....	28
3.- NIVELES DE CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO ALCANZADO DURANTE LA PRUEBA DE LABORATORIO Y DE CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO ESTIMADO CON DIFERENTES ECUACIONES DURANTE LA PRUEBA DE CAMPO COURSE NAVETTE.....	33

ÍNDICE DE GRÁFICAS

1.- NIVELES DE LACTATO SANGUÍNEO.....	30
2.- COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA DURANTE LA PRUEBA GRADUAL DE ESFUERZO, ANTES (BASAL), DESPUÉS (POST) Y AL MINUTO DE RECUPERACIÓN (RECUPERACIÓN AL MINUTO).....	30
3.- COMPORTAMIENTO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA DURANTE EL COURSE NAVETTE.....	31
4.- RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD ALCANZADA Y EL VO_{2max} DETERMINADO CON EL ANALIZADOR DE GASES DURANTE UNA PRUEBA GRADUAL DE ESFUERZO.....	32
5.- CONSUMO DE OXÍGENO DETERMINADO CON ANALIZADOR DE GASES Y CONSUMO DE OXÍGENO ESTIMADO INDIRECTAMENTE CON ECUACIONES PROPUESTAS.....	32

RESUMEN

Recientemente se ha demostrado que el consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{max}}$) es un fuerte predictor de riesgo de muerte por todas las causas, especialmente por enfermedad cardiovascular, tanto en personas con historial cardiopatológico como en personas sanas. En la práctica, existen métodos directos e indirectos para determinar el $\text{VO}_{2\text{max}}$ en humanos. Los primeros requieren de equipo sofisticado y económicamente costoso. Los métodos indirectos se basan en la aplicación de pruebas de campo, y a partir de ecuaciones, estiman el $\text{VO}_{2\text{max}}$. El presente trabajo de tesis se enfocó en comparar los valores de $\text{VO}_{2\text{max}}$ obtenidos con analizador de gases versus el $\text{VO}_{2\text{max}}$ estimado indirectamente con diferentes ecuaciones en la prueba de campo de Course Navette (CN). Con este fin se valoró la fiabilidad test-retest de diversas ecuaciones que predicen el $\text{VO}_{2\text{max}}$ para determinar cuál de las fórmulas utilizadas es más reproducible en una población de adultos jóvenes mexicanos. Se reclutó a 21 adultos jóvenes (edad: 22 ± 2.77 años; estatura: 172.44 ± 7.74 cm; peso: 67.60 ± 8.60 kg) que fueron evaluados con una Prueba Gradual de Esfuerzo Máximo (PGE) para determinar el $\text{VO}_{2\text{max}}$ de manera directa con analizador de gases (COSMED Quark CPET). 24 horas posteriores a la PGE, los participantes realizaron el test de CN. En ambas pruebas de esfuerzo, se determinó la frecuencia cardíaca (FC) en reposo, FC máxima y presión arterial (PA) en estado basal. La FC basal, PA basal y FC máxima no fueron estadísticamente diferentes en la PGE comparada a la prueba de campo ($p=0.85$). Por otra parte, el $\text{VO}_{2\text{max}}$ obtenido con el analizador de gases durante la PGE fue de 51.95 ± 10.14 ml/kg/min. En la prueba de CN, el $\text{VO}_{2\text{max}}$ fue de 47.9 ± 4.3 ml/kg/min ($p=0.05$ vs analizador de gases). La ecuación de Leger comúnmente utilizada, no estima correctamente $\text{VO}_{2\text{max}}$ obtenido en la prueba de CN, por lo anterior no es confiable ni reproducible para ser utilizada en una población de adultos jóvenes de género masculino.

ABSTRACT

Recent studies performed in healthy people or in populations with cardiovascular diseases have demonstrated that the maximal oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{max}}$) is a strong predictor of mortality. There are several methods to determine the $\text{VO}_{2\text{max}}$ in humans, these include direct and indirect measurements. The first require expensive and sophisticated equipment. Contrary, indirect methods are characterized by the use of a exercise field test and equations to indirectly estimate $\text{VO}_{2\text{max}}$. The current thesis, determined the $\text{VO}_{2\text{max}}$ levels obtained with a cardiopulmonary gas exchange system versus the $\text{VO}_{2\text{max}}$ levels estimated indirectly with the Course Navette (CN). With this aim, we assessed the test-retest reliability of various equations to predict $\text{VO}_{2\text{max}}$ values and verify which of the used equations was more reproducible in a population of young Mexican adults. 21 subjects were recruited (age: 22 ± 2.77 years; height: 172.44 ± 7.74 cm; weight: 67.60 ± 8.60 kg). All participants performed a gradual exercise test (GXT) to determine the $\text{VO}_{2\text{max}}$ with a gas analyzer (COSMED Quark CPET). 24 hours after the GXT, the participants performed the CN test. In both assessments, the hearth rate (HR) and blood pressure (BP) at baseline where valued. Additionally, the maximal HR was registered. During the GXT and CN test, the HR, BP at baseline and maximal HR did not report statistical changes ($p=0.85$). The $\text{VO}_{2\text{max}}$ obtained with the GXT was 51.95 ± 10.14 ml/kg/min. On the other hand, the $\text{VO}_{2\text{max}}$ measured during the CN test and estimated with the Leger's equation was 47.9 ± 4.3 ml/kg/min ($p=0.05$ vs GXT). These data indicate that Leger equation commonly employed to estimate indirectly the $\text{VO}_{2\text{max}}$ in the CN test, is not reliable and reproducible to assess the $\text{VO}_{2\text{max}}$ in a Mexican population of young male adults.

I. INTRODUCCIÓN

¿Qué es el Consumo Máximo de Oxígeno?

El consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) valora la capacidad del organismo para transportar oxígeno desde el aire ambiental hasta los músculos que están trabajando, y es uno de los parámetros más importantes del rendimiento físico (Shepard et al., 2000). El VO_{2max} es el límite máximo de la capacidad de una persona para generar energía a través de las vías oxidativas. En el mismo sentido, otra definición del VO_{2max} hace referencia a su empleo como un indicador de la máxima capacidad para obtener oxígeno del aire para los músculos y utilizarlo metabólicamente (Bazán, 2014).

Gastón et al., (2013), mencionan que el VO_{2max} se relaciona con la salud, el rendimiento deportivo y la aptitud física, independientemente de la edad y el sexo. Uno de los estímulos con mayor eficacia para modificar el VO_{2max} es el entrenamiento físico sistemático. Por lo anterior, se considera que un aumento en el consumo máximo de oxígeno es indicador de un programa de entrenamiento físico bien planificado (Bonilla, 2005).

Considerando lo anterior, el VO_{2max} es el parámetro que se utiliza habitualmente en la valoración del rendimiento cardiorrespiratorio, ya que esta variable fisiológica, representa la máxima capacidad de oxígeno transportada y utilizada por el metabolismo celular de los diferentes órganos y sistemas de una persona cuando realiza un esfuerzo máximo (Sierra et al., 2014).

En las ciencias del deporte, el VO_{2max} se reporta en valores absolutos y relativos. Bazán (2014), menciona que los valores absolutos hacen referencia a litros por minuto, lo que indica que este parámetro fisiológico aumenta conforme avanza la edad sin grandes diferencias entre ambos sexos, estableciéndose el incremento de esta variable fisiológica a los 12 años de edad aproximadamente, a partir de esa edad se observa un aumento comparativamente mayor en los hombres respecto a las mujeres. Mientras que los valores relativos se refieren al peso corporal, puesto que la masa corporal por sexo e individuos difiere significativamente.

¿Qué Factores Regulan el $\text{VO}_{2\text{max}}$?

El $\text{VO}_{2\text{max}}$ parece estar determinado por la dotación genética de cada persona, sin embargo, como se había mencionado previamente, existen dos factores que son importantes en su consideración: la edad y el sexo. El $\text{VO}_{2\text{max}}$ aumenta gradualmente con el crecimiento y en estrecha relación con la ganancia de peso, llegando al valor máximo entre los 18 y 25 años de edad. Luego de los 25 años de edad, este parámetro funcional declina alrededor del 10% por década conforme aumenta la edad en personas no entrenadas, este mecanismo fisiológico decrece en menor grado en personas físicamente activas (Bazán, 2014).

En referencia al sexo, Allison & Burdiat (2010) las mujeres presentan valores máximos que corresponden aproximadamente al 80%-90% del $\text{VO}_{2\text{max}}$ de los hombres con niveles similares de capacidad funcional, mientras que en este mismo porcentaje se observa una disminución del 5%-10% por década conforme avanza la edad, dependiendo el nivel de actividad física.

Así mismo, se ha establecido que la composición corporal es un factor que influye en el nivel del $\text{VO}_{2\text{max}}$, reportándose una asociación negativa con el porcentaje de grasa corporal; por lo anterior, el peso extra que corresponde a grasa corporal puede contribuir a un menor rendimiento físico en una prueba de esfuerzo gradual máximo (Luis & Sierra, 2014).

Otro factor que afecta el $\text{VO}_{2\text{max}}$ es el gasto cardíaco, puesto que un aumento en esta variable representa una mayor disponibilidad de oxígeno para los músculos activos, permitiendo así un incremento en el $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Wilmore & Costill, 2007). Además, se ha indicado que el tipo de distribución de las fibras musculares (la relación entre las fibras de contracción rápida, iza enzimas glucolíticas y las de contracción lenta, iza enzimas oxidativas) y la frecuencia cardíaca máxima también pueden influir en determinar el nivel de $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Allison & Burdiat, 2010). Respecto a esto último, se ha indicado que la fosforilación oxidativa, principal vía metabólica de las fibras de tipo I, constituye un factor primordial para el $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Calleja et al., 2006).

Aunado a los factores previamente descritos, es necesario indicar el rol de parámetros hematológicos en el $\text{VO}_{2\text{max}}$. Particularmente en los niveles de Hemoglobina (Hb) en la sangre. El oxígeno se transporta por la sangre mediante su enlace con Hb de los glóbulos rojos distribuidos en la periferia. Cada molécula de Hb puede transportar cuatro moléculas de oxígeno. La capacidad de la sangre para transportar oxígeno depende principalmente del contenido de Hb en la sangre. Las personas con bajos contenido de Hb presentan una reducción en su capacidad de transporte de oxígeno en el organismo (Wilmore & Costill, 2007).

Aproximadamente el 99% del oxígeno transportado por la sangre está unido a la Hb y solo el 1% se encuentra disuelto en plasma. Por lo tanto, la cantidad de moléculas de oxígeno (saturación de oxígeno en la sangre), depende de la concentración de hemoglobina y presión parcial de oxígeno (PaO_2), ya que, a medida que incrementa esta relación, aumentaría la capacidad de transporte de O_2 (Choi et al., 1999), y por consecuencia los valores de $\text{VO}_{2\text{max}}$.

Finalmente, se ha considerado a la densidad de enzimas oxidativas presentes en el músculo esquelético como un factor clave para limitar o regular el $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Wilmore & Costill, 2007). Esto último, fue postulado con base en que una mayor cantidad de enzimas oxidativas se permitirá una mayor cantidad de oxígeno disponible para ser metabolizado por y consecuentemente producirá un incremento del $\text{VO}_{2\text{max}}$.

Impacto del VO_{2max} en Variables Relacionadas a la Salud

La falta en la práctica de ejercicio físico regular es considerada un factor clave en la génesis de muchos problemas de salud presentes en la población mundial. No sólo por involucrarse como factor en la morbi-mortalidad por padecimientos cardiovasculares, sino que se añade al problema económico de salud pública en el manejo de enfermedades crónicas no transmisibles (Portella et al., 2017). Asimismo, se ha observado una relación inversa entre capacidad aerobia (VO_{2max}) y mortalidad por cáncer, independientemente de la edad, consumo de alcohol, padecimiento de diabetes mellitus e incluso consumo de tabaco (Castillo, 2007).

Importantes estudios prospectivos han demostrado de manera inequívoca que el VO_{2max} es el predictor más potente de riesgo de muerte por todas las causas y especialmente por enfermedad cardiovascular, tanto en personas con historial cardiovascular como en personas sanas, y ello tanto en hombres como en mujeres de diferentes edades (Blair et al., 1995; Myers et al., 2002; Balady, 2002; Gulati et al., 2003; Redberg et al., 2007). Así mismo la literatura ha explicado que el incremento de la capacidad cardiorrespiratoria esta fuertemente asociada con un decremento en el padecimiento de cáncer de colon y mortalidad en hombres (Namasivayam et al., 2017).

Una capacidad cardiorrespiratoria baja es tan importante como un alto nivel de glucosa o la resistencia a la insulina para desarrollar diabetes mellitus tipo II así como otros factores de riesgo cardiovascular que son predictores de mortalidad de enfermedades cardiocoronarias y todas las causas de mortalidad en hombres con exceso de peso (Wei et al., 1999). Estudios epidemiológicos, han demostrado que los hombres con un bajo nivel de VO_{2max} tienen mayor riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, en contraste con sus congéneres que presentan niveles altos de VO_{2max} (McMurray et al., 1998), siendo un factor de riesgo independiente de diferentes hábitos conductuales que implican un riesgo para la salud, como el tabaquismo y el consumo de alcohol (Laukkanen et al., 2001).

Otros autores han señalado que al aumentarse la capacidad funcional en 1 MET (equivalente a 3,5 ml/kg/min) se reduce la mortalidad por cualquier causa entre un 8% a un 22% (Dorn et al., 2015; Franklin, 2013). De igual forma, cada aumento adicional de 1 MET (consumo metabólico basal, que equivale aproximadamente a 3.5 ml/kg/min de

oxígeno) produce un incremento del 12% en la expectativa de vida en el caso de los hombres y del 17% en el caso de las mujeres (Castillo, 2007).

Kelley & Kelley (2008), reportaron en un metaanálisis los efectos positivos del ejercicio aeróbico en los factores de riesgo coronario, al señalar que la presión arterial sistólica en reposo, el índice de masa corporal y los niveles de concentración de lipoproteínas de baja densidad disminuían, lo cual se asocia con reducción de mortalidad por enfermedad isquémica del corazón entre un 5% y un 17% en un periodo de 5 años.

En una investigación longitudinal donde se estudió una cohorte de 10224 hombres y 3120 mujeres se observó que en caso de que todas las personas evaluadas modificaran sus hábitos de vida y se tornaran físicamente activos, su riesgo de mortalidad disminuiría en un 9% para el caso de los hombres y en un 15.3% para el caso de las mujeres. Es decir, la práctica regular de actividad física se asocia de una forma positiva con el nivel de capacidad funcional (VO_{2max}), lo que implica una disminución de la mortalidad a nivel general (Blair et al., 1989).

Por otro lado, también se ha indicado que una baja capacidad cardiorrespiratoria está fuertemente asociada con el riesgo de padecer síndrome metabólico, el cual esta denominado como, el conjunto de alteraciones metabólicas constituido por la obesidad abdominal, elevación de las concentraciones de triglicéridos, el aumento de la presión arterial e hiperglucemia (Zimmet et al., 2005) por lo que el VO_{2max} puede ser considerado como un factor de riesgo asociado al síndrome metabólico (Hassinen et al., 2008; Leite et al., 2009) reportaron que el VO_{2max} presentó una correlación inversa con el índice de resistencia a la insulina (HOMA-IR) mostrando que las personas con mayor resistencia a la insulina presentaron bajos niveles de VO_{2max} . El mismo estudio reportó que 96% de los individuos en riesgo de padecer diabetes tipo 2 obtuvieron resultados de valores de VO_{2max} por debajo de los rangos saludables de acuerdo a su edad y sexo, así como el 11% presentó un riesgo moderado y 85% un alto riesgo de desarrollar enfermedades relacionadas a una baja capacidad cardiorrespiratoria (Leite et al., 2009).

Pruebas de Esfuerzo para Determinar el VO_{2max}

Para determinar y/o estimar el VO_{2max} , se han diseñado diversos protocolos de pruebas graduales de esfuerzo (Hernández, 2012). Estos pueden ser de campo o de laboratorio. Los primeros, hacen referencia a evaluar grupos más numerosos de personas en menor tiempo, además que no se requiere el empleo de equipo de alto costo y sofisticado (Da Costa R, 2010). Para las pruebas de laboratorio, es necesaria la utilización de equipamiento más complejo y de mayor grado de precisión.

Dentro de los instrumentos para valorar de forma directa el VO_{2max} se encuentran diversos modelos de equipos ergométricos y analizadores de gases con sensores de flujo y equipo electrocardiográfico. La evaluación de esta variable fisiológica requiere de test específicos que generen un estrés funcional lo suficientemente intenso para demandar respuestas cardiopulmonares oportunas y eficientes. El seguimiento y control de tales respuestas debe minimizar los riesgos y sesgos de información, asegurando un estímulo específico de tendencia del metabolismo oxidativo (Hernandez, 2012).

La valoración del VO_{2max} , a través de una prueba de esfuerzo gradual (PGE), es uno de los test más utilizados cuando se realiza la evaluación del estado de salud y aptitud física en los deportistas (Montaner et al., 2009). La realización de la PGE en un laboratorio se emplea usualmente un equipo ergométrico ya sea un cicloergómetro de frenado electromagnético, una banda ergométrica o un escalón de pasos, por mencionar los más utilizados.

Durante las pruebas de esfuerzo máximo, los administradores del test son capaces de medir y reportar una serie de datos fisiológicos que corresponden a altos niveles de esfuerzo físico. Al momento de la realización de ejercicios a una intensidad progresiva, las variables más comunes de evaluación en estas pruebas son el VO_{2max} , la frecuencia cardíaca, la percepción subjetiva del esfuerzo y la concentración de lactato, las cuales determinan paso a paso si efectivamente se realizó un esfuerzo máximo (Vanhoy, 2012; Borg, 1982).

Como pruebas de laboratorio empleadas en el adulto joven utilizando banda ergométrica, o bicicleta de frenado eléctrico, se encuentran las siguientes: El test de esfuerzo incremental y el test de esfuerzo de carga constante. El primero es el más utilizado. Durante un protocolo incremental, la carga aumenta de forma progresiva hasta que el paciente detiene voluntariamente el esfuerzo porque está exhausto debido a la prueba de esfuerzo incremental limitada por síntomas (Ribas, 2000).

Protocolo de Bruce: (Bruce et al., 1973)

Protocolo incremental escalonado y continuo, diseñado para ser realizado en banda ergométrica. La velocidad y la pendiente se incrementan cada 3 minutos.

Protocolo de Bruce Modificado: (Lerman et al., 1976)

Es un protocolo incremental continuo con escalones de trabajo menos intensos que el protocolo de Bruce. Es más indicado para personas de menor capacidad funcional, dentro de las que pueden encontrar sujetos de edad avanzada.

Protocolo de Balke (Balke & Ware, 1959)

Este protocolo utiliza una velocidad constante de 4.8 km/hr. La intensidad de los estadios de trabajo aumenta por medio de la inclinación de la pendiente en un 2.5% cada dos minutos. Este protocolo es indicado para sujetos que tienen una baja capacidad funcional.

Protocolo de Balke Modificado (Takken et al., 2009)

La modificación de protocolo de Balke se realizó al observar duraciones demasiado prolongadas al aplicarlo en personas con capacidad funcional normal. Esta modificación consiste en un protocolo incremental con escalones más cortos (un minuto), con una velocidad constante de 5,4 km/hr e incrementos de la pendiente en 1° cada minuto (López Chicharro & López Mojares, 2008).

Protocolo de Naughton (Naughton et al., 1964)

Es un protocolo incremental escalonado continuo, con estadios de trabajo de dos minutos de duración a velocidad fija de 3,2 km/hr. Los aumentos de la pendiente son de 3,5% cada dos minutos. Este protocolo fue diseñado para sujetos con alto riesgo coronario y baja capacidad funcional.

Protocolo de Ellestad (Ellestad et al., 1969)

Es un protocolo incremental escalonado continuo, con estadios de trabajo de dos minutos de duración a velocidades fijas de 2.7, 4.8, 6.4 y 8 km/hr por estadio.

Protocolo de Astrand (Astrand et al., 1977)

Es un protocolo incremental escalonado continuo, con etapas de trabajo de dos minutos de duración a velocidades constantes entre 8 y 13,6 km/hr dependiendo de la condición física del sujeto.

Por otro lado, dentro de las pruebas de campo para estimar el VO_{2max} de manera indirecta están las que se clasifican como constantes y las incrementales (Gastón César García et al., 2010) dentro las más utilizadas para determinar indirectamente el VO_{2max} en el adulto joven se encuentran las siguientes:

Course Navette (CN): Esta prueba fue propuesta por Leger & Lambert en 1982. La primera versión del Course Navette fue validada para sujetos adultos; (Léger & Lambert, 1982) posteriormente, en 1988, se unificó un mismo protocolo para niños y adultos (L A Léger et al., 1982). Ese protocolo es el que se utiliza en la actualidad, el cual consiste en correr el mayor tiempo posible entre 2 líneas separadas por 20 metros de distancia en doble sentido, ida y vuelta. El ritmo de carrera es graduado por una señal sonora previamente grabada, el sujeto debe pisar con ambos pies detrás de la línea de 20 metros en el momento justo antes de que se emite una señal sonora o *-beep-*. La velocidad obtenida en la última etapa completada es considerada como la velocidad final alcanzada. La velocidad inicial de carrera para la prueba es de 8,5 km/h y se incrementa 0,5 km/h cada minuto conforme transcurre el test (García & Secchi, 2014).

La estimación indirecta del VO_{2max} en esta prueba puede ser mediante el empleo de diferentes fórmulas, no obstante, las primeras que fueron desarrolladas son las siguientes (L A Léger et al., 1988) para sujetos de 6 a 18 años: $Y=31.025 + 3.238X_1-3.248X_2+0.1536X_1X_2$, donde X_1 representa la velocidad máxima y X_2 la edad. Para sujetos de 18 y más años de edad $Y= -24.4 + 6.0X$ donde X es la velocidad alcanzada del último nivel completado.

Test de Cooper: Esta prueba fue propuesta por el doctor Kenneth H. Cooper en el año 1968 (Cooper, 1968). Es un test de carácter constante, el protocolo consiste en que el sujeto

deberá estar situado detrás de la línea de salida, a la señal del controlador, el sujeto habrá de recorrer sobre la pista o terreno medido para este fin el máximo número de metros durante un tiempo total de 12 minutos. Se registrará el número de metros recorridos por el sujeto, y para que la prueba tenga validez, el participante deberá permanecer en movimiento durante los 12 minutos de duración de la misma, aceptándose, si es necesario y por un excesivo agotamiento del individuo, periodos de caminata (Lopez, 2002).

Según la distancia registrada en esta prueba, se puede determinar el VO_{2max} de un individuo, y de acuerdo a distintas ecuaciones como son: $VO_2 \text{ (ml/kg/min)} = (0.2 \times v) + 3.5$ y $VO_2 \text{ (ml/kg/min)} = (22.351 \times \text{distancia (km)}) - 11.288$. (Colegio Americano de Medicina Deportiva, 1986)

II. JUSTIFICACIÓN

Durante las pasadas tres décadas se consideró a las variables asociadas a la obesidad (Índice de Masa Corporal, porcentaje de grasa corporal y circunferencia de cintura mínima) como factores de riesgo a padecer enfermedades cardiovasculares. No obstante, en la actualidad se considera que el IMC es un indicador de limitada confiabilidad para ser considerado como un factor de riesgo cardiovascular (Del Campo et al., 2015). Actualmente el VO_{2max} ha sido ampliamente estudiado y es asociado como factor de riesgo a padecer enfermedades cardiovasculares y metabólicas (Harber et al., 2017; Hussain et al., 2018; Yokota et al., 2011).

Por lo anterior, se considera que al determinar los niveles de VO_{2max} en una población específica, se podría tener en un primer plano un panorama general acerca del riesgo a padecer o presentar enfermedades cardiovasculares y metabólicas. Esta información sería valiosa para diseñar programas de intervención de actividad física relacionados a la salud.

Como se mencionó en apartados anteriores, para la determinación directa del VO_{2max} se necesita el empleo de equipos muy costosos y sofisticados. Sin embargo, existen pruebas de campo, en las cuales se requiere una mínima cantidad de equipamiento para desarrollarlas. A través de ellas, se puede obtener de forma indirecta, información del VO_{2max} con un grado de confiabilidad aceptable. El Course Navette es una prueba de campo ampliamente utilizada para determinar esta variable fisiológica (García & Secchi, 2014) .

De hecho, en diversas regiones del mundo, se ha propuesto una diversidad de ecuaciones para determinar el VO_{2max} con variables obtenidas en la prueba de Course Navette. El presente trabajo de tesis se enfoca en comparar si existen diferencias significativas entre el VO_{2max} determinado por 3 ecuaciones en la prueba de CN con respecto a los datos de VO_{2max} obtenidos en una prueba de laboratorio donde se ha empleado un estándar de oro (analizador de gases). Particularmente, el presente trabajo se enfocó en una población de adultos jóvenes en la región norte de México.

III. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Las ecuaciones reportadas hasta ahora para determinar de manera indirecta el $\text{VO}_{2\text{max}}$ en la prueba de Course Navette estiman fiablemente los niveles de $\text{VO}_{2\text{max}}$ con respecto a los valores obtenidos con analizador de gases?

IV. HIPÓTESIS

Las ecuaciones reportadas para determinar el $\text{VO}_{2\text{max}}$ de forma indirecta en la prueba de Course Navette son una herramienta confiable para determinar el $\text{VO}_{2\text{max}}$ en jóvenes adultos.

V. OBJETIVO GENERAL

Determinar la fiabilidad y reproductibilidad de diversas fórmulas utilizadas para predecir el consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{max}}$) obtenido en una prueba gradual de esfuerzo por método directo, contra el $\text{VO}_{2\text{max}}$ estimado indirectamente con la prueba de campo Course Navette en adultos jóvenes de la ciudad de Ensenada, Baja California.

VI. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contrastar estadísticamente el valor de $\text{VO}_{2\text{max}}$ obtenido directamente en una prueba gradual de esfuerzo con respecto al $\text{VO}_{2\text{max}}$ estimado indirectamente por medio de la fórmula desarrollada por Léger et al. (1988).
- Comparar estadísticamente el valor de $\text{VO}_{2\text{max}}$ obtenido directamente en una prueba gradual de esfuerzo con respecto al $\text{VO}_{2\text{max}}$ estimado indirectamente por medio de la formula desarrollada por Chatterjee Pinaki et al. (2010)
- Desarrollar una fórmula propia para estimar de manera indirecta el $\text{VO}_{2\text{max}}$ en hombres jóvenes adultos.
- Contrastar estadísticamente el valor de $\text{VO}_{2\text{max}}$ obtenido directamente en una prueba gradual de esfuerzo con respecto al $\text{VO}_{2\text{max}}$ estimado indirectamente por medio de la formula desarrollada por Paradisis et al. (2014).
- Comparar el grado de percepción del esfuerzo alcanzado durante la PGE con respecto a la percepción del esfuerzo alcanzado durante la prueba de Course Navette.

- Analizar cuál de las fórmulas empleadas en el presente trabajo es la más confiable para ser utilizada en la población estudiada.

VII. METODOLOGÍA

Participantes

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia de 21 sujetos adultos jóvenes físicamente activos de sexo masculino, quienes eran estudiantes de la Licenciatura en Actividad Física y Deporte de la Universidad Autónoma de Baja California, Extensión Ensenada (edad=22 $\pm$ 2.77 años; estatura: 172.44 $\pm$ 7.74 cm; peso: 67.60 $\pm$ 8.60 kg; IMC 22.70 $\pm$ 2.12). Los sujetos realizaron en orden aleatorio una prueba de esfuerzo en una banda ergométrica para determinar el $\text{VO}_{2\text{max}}$ (mg/kg/min) por método directo, así como la prueba Course Navette (CN) para obtener el $\text{VO}_{2\text{max}}$ de forma indirecta.

Procedimiento experimental

En el primer día de prueba se explicó a los sujetos el objetivo del estudio, de la misma manera se especificó detalladamente cómo se llevarían a cabo el protocolo de pruebas. Después de explicar detalladamente los procedimientos experimentales, los sujetos que decidieron participar de manera voluntaria en el estudio, firmaron una carta de consentimiento informado (Anexo # 5).

Posteriormente, se les aplicó de manera personal los siguientes cuestionarios para determinar el nivel de actividad física de los participantes, se les administró el cuestionario de actividad física International Physical Activity Questionnaire (IPAQ, siglas en inglés), así mismo, para determinar que el sujeto no presentara antecedentes de enfermedades o problemas cardiovasculares, se utilizó el Physical Activity Readlines Questionnaire (PAR-Q, siglas en inglés) (anexos 1 y 2). Como un mínimo de 24 horas posterior a la aplicación de los cuestionarios, los participantes asistieron al laboratorio para realizar la prueba de esfuerzo gradual con el analizador de gases.

Previo a la realización de la prueba gradual, se determinó la composición corporal por método indirecto de impedancia bio-eléctrica en ayunas con el analizador de composición

corporal (Inbody 770). Después de un lapso de 24 horas de la prueba de esfuerzo gradual, los sujetos de estudio realizaron la prueba de campo Course Navette (anexo 7).

Prueba de Esfuerzo Gradual

La prueba gradual de esfuerzo (PGE) se realizó en base a metodología previamente reportada (Cabral-Santos et al., 2016). La PGE se realizó en una banda ergométrica marca Pro-Form 520 ZNi. Para determinar el consumo máximo de oxígeno de forma directa, se utilizó un analizador de gases marca COSMED Quark CPET. La prueba inició con la determinación del consumo de oxígeno (VO_2) en reposo, para esto se solicitó al sujeto permanecer sentado durante 4 minutos. Durante este periodo, el participante en todo momento tenía colocada la máscara donde se inserta el sensor de flujo para realizar la medición de VO_2 (Imagen 1).

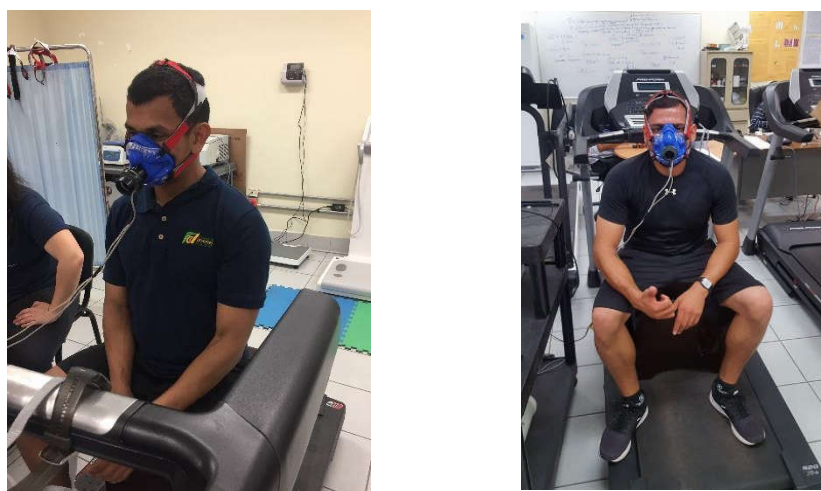


Imagen 1. Determinación de VO_2 en estado basal.

Posterior al periodo de reposo, se determinó la concentración de lactato sanguíneo en estado basal. Para lo anterior, se obtuvo una muestra de sangre capilar por punción en la región distal del dedo índice. Para la determinación del lactato sanguíneo se utilizó un lactómetro portátil marca LACTATE PLUS (Nova Biomedical) y lancetas del mismo fabricante. La frecuencia cardíaca en reposo se registró con pulsómetros marca Polar modelo FT1 y la presión arterial en estado reposo se evaluó con un baumanómetro digital marca OMRON modelo HEM-7320.

Una vez que los parámetros cardiovasculares, respiratorios y metabólicos fueron obtenidos, se inició la PGE. El protocolo de la prueba de esfuerzo inició con un periodo de calentamiento en el cual, el participante corrió sobre la banda ergométrica a una velocidad de 5 millas por hora con 1° de inclinación durante 4 minutos. Finalizado el periodo de calentamiento, se realizaron incrementos graduales de velocidad en intervalos de 2 minutos. La velocidad se incrementaba 0.6 millas. La inclinación de la banda se mantuvo constante durante toda la PGE (Imagen 2). En cada intervalo de 2 minutos se registró frecuencia cardíaca y la percepción del esfuerzo. Para esto último se utilizó la escala de percepción subjetiva del esfuerzo de Borg (Anexo # 8).



Imagen 2. Prueba Gradual de Esfuerzo para determinar el VO_{2max} .

Durante toda la prueba de esfuerzo, el participante fue animado verbalmente para que realizara un esfuerzo máximo. La prueba de esfuerzo continuo hasta la fatiga, esto es, que el sujeto diera una señal de que ya no podía más o estaba totalmente fatigado, o cuando el sujeto cumplía con al menos tres de los siguientes parámetros fisiológicos y bioquímicos para determinar que se había realizado un esfuerzo máximo: a) Que la FC hubiera llegado al 95% del máximo predicho. b) Haber presentado niveles de concentración de lactato

mayores a 8mmol/L. c) Que el valor del cociente respiratorio (RER) haya sido igual o mayor a 1.15.

d) Que no se presentara un aumento del VO_2 entre un estadio y el siguiente $< 150\text{ml/min}$ y $< 2\text{ml/kg/min}^{-1}$ (Casajús et al. 2009; Chicharro, J. L., & Vaquero, A. F. 2006).

Inmediatamente finalizada la PGE, se registró la frecuencia cardiaca máxima y los niveles de lactato sanguíneo. Posteriormente, se disminuyó la velocidad de la banda y dio inicio un periodo de recuperación de 5 minutos. La velocidad de carrera durante este periodo fue similar o menor a la del periodo de calentamiento. Al primer minuto posterior de finalizar la prueba se registró la frecuencia cardiaca de recuperación. Además de los parámetros cardiorrespiratorios, al finalizar la prueba de esfuerzo, se registró la distancia total recorrida y las kcal utilizadas durante la prueba, estos últimos datos fueron arrojados por el software de la banda PROFORM. Del software COSMED CPT SUITE, se tomó el valor de $\text{VO}_{2\text{max}}$ y el valor de RER alcanzado durante la prueba.

Prueba de Campo Course Navette

La prueba Course Navette fue realizada en una cancha de basquetbol con duela y techada (Imagen 3). Todos los participantes realizaron la prueba de 20mSRT dentro de los horarios de 9:00 A.M. -12:00 P.M.



Imagen 3. Prueba para estimar $\text{VO}_{2\text{max}}$ Course Navette Realizada en Duela.

Para la aplicación de la prueba de 20mSRT, se siguió la metodología descrita previamente (García & Secchi, 2014). El protocolo de la prueba consistió en recorrer de ida y vuelta una distancia previamente marcada de 20 metros al ritmo de una señal sonora (beep) que indica el momento en el que los sujetos deben de estar en la línea de salida y llegada. Este ritmo de carrera aumentó cada minuto. Los sujetos empezaron la prueba de campo a una velocidad de 8.5 kilómetros por hora (km/h); transcurrido el primer minuto aumentó la velocidad de carrera a 9.0 km/h y a partir de ese nivel, por cada minuto aumentó el ritmo de carrera 0.5 km/h. La prueba se dio por terminada cuando el sujeto no alcanzó a llegar a la marca en el momento del “beep” en dos ocasiones consecutivas o hasta que el sujeto decidió retirarse por agotamiento (García & Secchi, 2014). De igual forma cuando los sujetos terminaron la prueba se les permitió una recuperación activa hasta que la FC registrara un valor igual o menor a 100 lat/min. Para llevar a cabo dicha prueba, se utilizaron Pulsómetros (Polar FT1) para monitorear la frecuencia cardíaca (FC), una bocina marca Steren de 110W, un audio grabación con los niveles establecidos para la prueba de 20mSTR, 10 conos de plástico anaranjados de 50 cm de altura para demarcar el territorio de los 20m, una cinta métrica metálica de 20 metros de longitud, hojas de registro de datos (Anexo # 3) y lápices.

La prueba marca 20 etapas, las cuales van incrementado la velocidad como se explicó previamente, la primera etapa tiene 7 repeticiones o vueltas de 20 metros y el último nivel tiene 15 repeticiones, los datos que se registraron al inicio de la prueba fueron frecuencia cardíaca en reposo. Durante la prueba se le preguntó al sujeto la frecuencia cardíaca al término de cada estadio y al finalizar la prueba se registró la frecuencia cardíaca máxima alcanzada. De igual forma se registró la frecuencia cardíaca de reposo al primer minuto de haber finalizado la prueba.

La medición de la frecuencia cardíaca y la presión arterial en reposo, se realizó en el Laboratorio de Biociencias de la Motricidad Humana de la Facultad de Deportes Campus Ensenada. Para estimar el VO_{2max} en esta prueba de campo, se utilizó la siguiente fórmula: $VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} = -24.4 + 6.0 \times X$ (Léger et al., 1988) donde -24,4 y + 6.0 son constantes y la X representa la velocidad final alcanzada, la cual es determinada por el último estadio completado.

La imagen 4 muestra el formato diseñado por García & Secchi, 2014 para controlar y/o determinar el rendimiento físico durante la prueba.

Etapa	Vel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	8,5	20	40	60	80	100	120	140								
2	9	160	180	200	220	240	260	280	300							
3	9,5	320	340	360	380	400	420	440	460							
4	10	480	500	520	540	560	580	600	620							
5	10,5	640	660	680	700	720	740	760	780	800						
6	11	820	840	860	880	900	920	940	960	980						
7	11,5	1000	1020	1040	1060	1080	1100	1120	1140	1160	1180					
8	12	1200	1220	1240	1260	1280	1300	1320	1340	1360	1380					
9	12,5	1400	1420	1440	1460	1480	1500	1520	1540	1560	1580					
10	13	1600	1620	1640	1660	1680	1700	1720	1740	1760	1780	1800				
11	13,5	1820	1840	1860	1880	1900	1920	1940	1960	1980	2000	2020				
12	14	2040	2060	2080	2100	2120	2140	2160	2180	2200	2220	2240	2260			
13	14,5	2280	2300	2320	2340	2360	2380	2400	2420	2440	2460	2480	2500			
14	15	2520	2540	2560	2580	2600	2620	2640	2660	2680	2700	2720	2740	2760		
15	15,5	2780	2800	2820	2840	2860	2880	2900	2920	2940	2960	2980	3000	3020		
16	16	3040	3060	3080	3100	3120	3140	3160	3180	3200	3220	3240	3260	3280		
17	16,5	3300	3320	3340	3360	3380	3400	3420	3440	3460	3480	3500	3520	3540	3560	
18	17	3580	3600	3620	3640	3660	3680	3700	3720	3740	3760	3780	3800	3820	3840	
19	17,5	3860	3880	3900	3920	3940	3960	3980	4000	4020	4040	4060	4080	4100	4120	4140
20	18	4160	4180	4200	4220	4240	4260	4280	4300	4320	4340	4360	4380	4400	4420	4440

Imagen 4. Protocolo de la prueba de Campo Course Navette, desglosado en una planilla de medición (García & Secchi, 2014)

Como se indicó en apartados anteriores (Justificación), en el presente trabajo se utilizaron otras ecuaciones desarrolladas a partir de la prueba Course Navette para estimar el VO_{2max} alcanzado. A continuación se describe las ecuaciones utilizadas:

1. $VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} = -16.961 + 5.068X$, donde $-16.961 + 5.068$ son constantes y X representa la velocidad del último estadio completado (Chatterjee et al., 2010).
2. $VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} = 0.2761x + 27.504$, donde 0.2761 es una constante X que se multiplica y el número de *Shuttles o vueltas de 20 metros completadas* sumándole 27.504 (Paradisis et al., 2014).

García & Secchi (2014) mencionan la siguiente fórmula: $VO_{2max} \text{ (ml/kg/min)} = (6 \times VFA) - 27,4$, donde 6 es un número constante que se multiplica por la velocidad final alcanzado del último estado completo, al cual se le resta 27, 4 que también es un número constante.

VIII. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se presentan como promedio $\pm$ desviación estándar. Se realizó una prueba de t-student no paramétrica para determinar si existió diferencia significativa en las variables de frecuencia cardiaca de reposo, frecuencia cardiaca máxima y presión arterial registrados en la PGE y en la prueba de campo Course Navette. Una prueba de ANOVA de una vía fue utilizada para comparar las diferencias entre los valores de VO_{2max} obtenidos durante todo el experimento. La prueba de correlación no paramétrica de Sperman fue utilizada para evaluar el grado de correlación existente entre las variables de VO_{2max} y la velocidad máxima alcanzada durante la prueba de CN. La regresión lineal se realizó para determinar la ecuación de la recta. El software utilizado para el análisis estadístico y la realización de las gráficas fue el Graphpad Prism 5 (La Jolla, CA, USA).

IX. RESULTADOS

No. Participantes	Edad (años)	Estatura (cm)	Peso (kg)	IMC (kg/m^2)	Nivel de A.F. (Puntaje del IPAQ)
21	$22 \pm (2.77)$	$172.44 \pm (7.74)$	$67.60 \pm (8.60)$	$22.70 \pm (2.12)$	$6874.429 \pm (5295.925)$

La tabla 1 muestra los datos demográficos de los participantes del presente trabajo de tesis.

Tabla 1. Datos demográficos de los participantes. Se reportan promedio (Desviación estándar).

Respuestas Cardiovasculares al Ejercicio Físico Gradual

La frecuencia cardíaca en estado basal previo a realizar la PGE fue de 72.38 ± 13.99 ppm; por otra parte, previo a realizar la prueba CN, la frecuencia basal promedio fue de 71.65 ± 11.63 ppm (Tabla 2). De igual forma, la frecuencia cardíaca máxima obtenida en la PGE fue de 195.14 ± 8.46 ppm. En la prueba de CN, la frecuencia máxima alcanzada fue de 195.6 ± 7.49 ppm (Tabla 2). El porcentaje de la intensidad del ejercicio alcanzado en la PEG fue $98.55 \pm 3.98\%$. Por otro lado, durante la prueba de campo se alcanzó una intensidad del ejercicio de $98.77 \pm 3.52\%$.

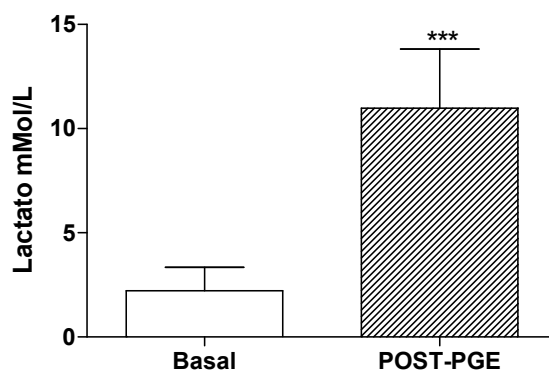
Con respecto a la presión arterial sistólica (PAS) en estado basal, previo a la PGE fue de 120.28 ± 20.56 mmHg; en la prueba de campo la PAS fue de 121.33 ± 9.22 mmHg (Tabla 2). Finalmente, la presión arterial diastólica (PAD) en estado basal para la PEG fue de 67.80 ± 5.53 mmHg. La PAD durante la prueba de campo fue de 70.66 ± 6.89 mmHg (Tabla 2). Como se muestra a continuación en ninguna de las variables cardiovasculares, se observó una diferencia estadísticamente significativa entre la PGE y la prueba de campo Course Navette.

Prueba de esfuerzo	F.C. Basal (ppm)	F.C Máxima (ppm)	Intensidad del ejercicio (% F.C Max Teórica)	Presión Arterial Sistólica	Presión Arterial Diastólica
PGE	72.38 ± 13.99	195.14 ± 8.46	98.55 ± 3.98	120.28 ± 20.56	67.80 ± 5.53
CN	71.65 ± 11.32	195.6 ± 7.49	98.77 ± 3.52	121.33 ± 9.22	70.66 ± 6.89
t-test	P= 0.8555	P= 0.8629	P=0.8768	P= 0.8431	P= 0.1596

Tabla 2. Respuestas Cardiovasculares al Ejercicio de los Participantes (N=21). Se reporta promedio $\pm$ desviación estándar.

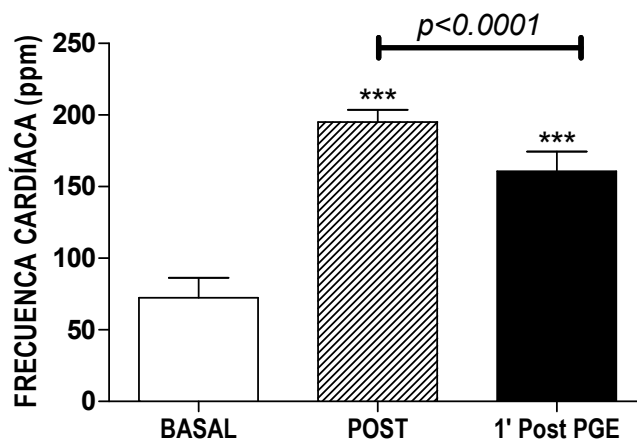
Respuestas Metabólicas, De Esfuerzo y Respiratorias Durante la Prueba Gradual de Esfuerzo Con Analizador de Gases.

Durante la PGE, la concentración de lactato sanguíneo en estado basal fue de 2.21 ± 1.12 . Inmediatamente finalizado la PGE, la concentración de lactato sanguíneo fue de 10.97 ± 2.84 mMol/L, (Gráfica 1).



Gráfica 1. Niveles de lactato sanguíneo. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar. *** $P = < 0.0001$ vs Basal.

El comportamiento cardíaco durante la PGE se muestra en la Gráfica 2. En estado basal la frecuencia cardíaca fue de 72.38 ± 13.99 ppm. Inmediatamente concluida la PGE, la frecuencia cardíaca fue de 195.14 ± 8.46 ppm. Finalmente, la frecuencia cardíaca al minuto de haber concluido la PGE fue de 160.71 ± 13.70 .

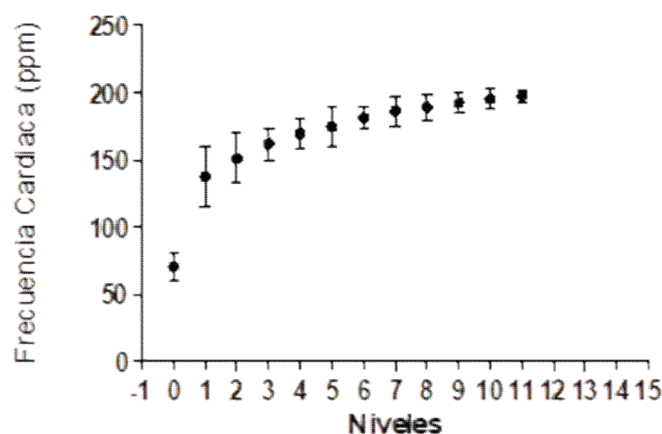


Gráfica 2. Comportamiento de la Frecuencia Cardíaca durante la Prueba Gradual de Esfuerzo, antes (BASAL), después (POST) y al minuto de recuperación (1' Post PGE). Los valores se reportan como promedio $\pm$ desviación estándar *** $P = < 0.0001$ vs Basal. ANOVA de una vía. Tukey post hoc test.

El cociente de intercambio respiratorio, determinado por el valor de RER durante la PGE fue de 1.28 ± 0.13 . Por otra parte, el $VO_{2\max}$ alcanzado durante la prueba fue 52.67 ± 8.06 (ml/kg/min). Finalmente, la percepción de esfuerzo promedio fue de 15 ± 3.86 en la escala de Borg.

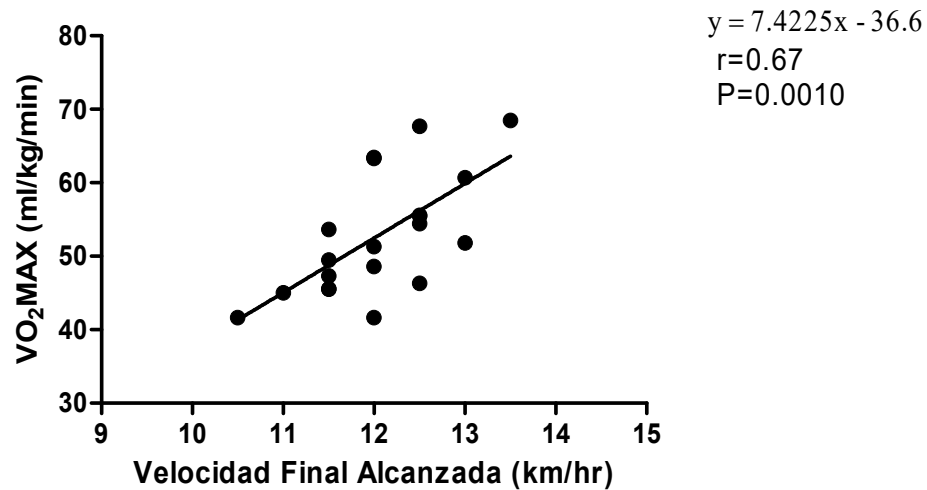
Prueba de Campo Course Navette

La gráfica 3 muestra el comportamiento de la frecuencia cardíaca durante la prueba de Course Navette; la prueba de campo fue un estímulo suficiente para incrementar gradualmente la frecuencia cardíaca como se reportó en la tabla 2. La frecuencia cardíaca alcanzada durante esta prueba de campo fue cerca de la máxima. La distancia promedio recorrida durante la prueba de campo fue de 1530.5 ± 321.84 metros.

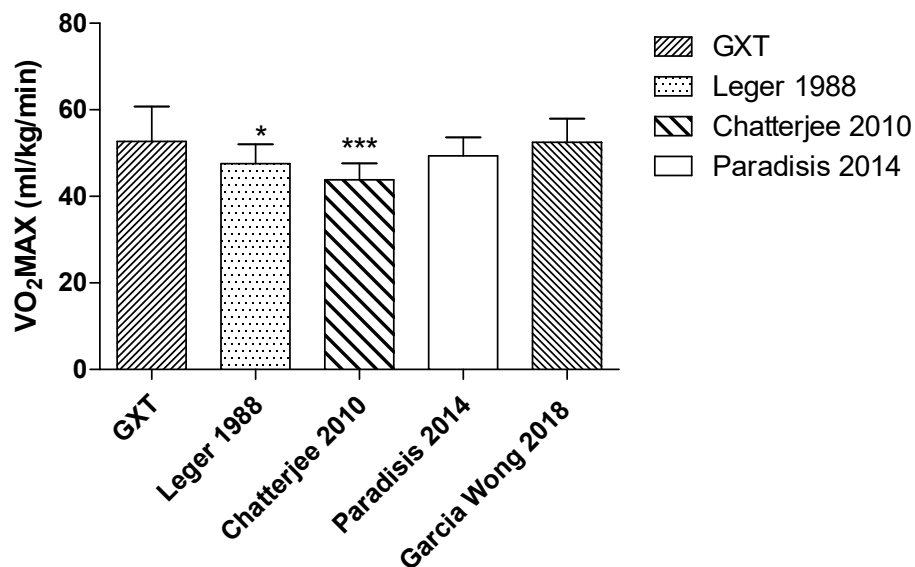


Gráfica 3. Comportamiento de la Frecuencia Cardíaca durante el CN. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar

Por otro lado, la correlación existente entre el $VO_{2\max}$ y la velocidad máxima alcanzada durante la CN se muestra en la gráfica 4 ($r=0.67$, $p=0.0010$). La gráfica 5 muestra los valores promedio de $VO_{2\max}$ obtenidos indirectamente en la prueba de Course Navette al desarrollar distintas ecuaciones empleadas en los sujetos evaluados. La tabla 3 indica detalladamente los valores promedio y desviación estándar del $VO_{2\max}$ determinado en la prueba gradual de esfuerzo con analizador de gases y a través de las diferentes ecuaciones desarrolladas.



Gráfica 4. Relación entre la velocidad alcanzada y el VO_{2max} determinado con el analizador de gases durante una PGM.



Gráfica 5. Consumo de oxígeno determinado con analizador de gases y consumo de oxígeno estimado indirectamente con ecuaciones propuestas. Se reportan promedio $\pm$ desviación estándar=*0.05 vs GXT *** 0.001 vs GXT. ANOVA de una vía. Tukey pos hoc test,

Ecuación	PGE	Leger (1988)	Chatterjee (2010)	Paradisis (2014)	García Wong (2018)
VO_{2max} ml/kg/min	52.8 ± 8.2	47.9 ± 4.3	44.1 ± 3.6	49.61 ± 4.2	52.5 ± 5.5

Tabla 3. Niveles de consumo máximo de oxígeno alcanzado durante la prueba de laboratorio y de consumo máximo de oxígeno estimado con diferentes ecuaciones durante la prueba de campo CN. Se reportan promedio ± desviación estándar

X. DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue comparar el consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) obtenido en una prueba gradual de esfuerzo por método directo, respecto al VO_{2max} estimado indirectamente con diversas fórmulas utilizadas en una prueba de campo (Course Navette). Los hallazgos más relevantes del presente trabajo de tesis muestran que al comparar tres fórmulas que estiman el VO_{2max} de forma indirecta, sólo la ecuación de Paradisis (2014) parece estimar valores reales de VO_{2max} en una población de varones jóvenes adultos mexicanos. Sin embargo, la ecuación de Paradisis y su grupo, fue obtenida al trabajar con género masculino y femenino. Por lo anterior y al considerar que la población de esta tesis fueron sujetos de sexo masculino, no se podría aplicar la ecuación directamente. Por lo anterior, en la presente tesis de licenciatura, se desarrolló una ecuación a través de una regresión lineal para estimar el VO_{2max} de manera indirecta en la prueba de CN en jóvenes adultos de género masculino.

El IMC de los sujetos que participaron en la presente investigación fueron de 22.7 ± 2.12 , lo cual la Organización Mundial de la Salud (OMS) los clasifica como en peso normal IMC =18.5-24.9 (OMS, 2000). Lo anterior, permite asegurar que la población de estudio no presentaba problemas de exceso de peso. La FC basal de los sujetos previo a la realización de la prueba gradual de esfuerzo máximo en banda ergométrica fue de $72.38 \text{ ppm} \pm 13.99 \text{ ppm}$. Por su parte, la FC basal antes de realizar el Course Navette fue de $71.65 \text{ ppm} \pm 11.32 \text{ ppm}$. Se ha indicado que, en condiciones saludables, la FC basal se encuentra entre 60-70 ppm (Ellestad, 1953). Lo anterior, señala que los participantes de la presente tesis podrían considerarse cardiovascularmente sanos. En el mismo sentido, como se reporta en los resultados, no se observaron diferencias estadísticamente significativas respecto a la FC basal (Tabla 2). Por lo que se asegura que en ambas condiciones (PGE en laboratorio vs prueba de campo) las condiciones fisiológicas de los sujetos a nivel basal fueron similares. Por otra parte, la FC_{max} alcanzada en la PGE fue de $195.14 \text{ ppm} \pm 8.46 \text{ ppm}$. La FC_{max} en la prueba de campo fue de 195.6 ± 7.49 . Considerando la FC_{max} , el porcentaje de la intensidad alcanzada durante la PGE fue de $98.55 \pm 3.98\%$. Por otro lado, el porcentaje de la intensidad del ejercicio alcanzada durante la prueba de Course Navette fue de $98.77 \pm 3.52 \%$. Se ha

indicado que para considerar una prueba de esfuerzo con intensidad máxima, esta debe alcanzar como mínimo el 95% de la FC_{max} teórica Casajús et al., (2009). Tomando en cuenta lo anterior, se asegura que en ambas pruebas, el esfuerzo físico por parte de los sujetos de experimentación fue máximo. Como se muestra en la gráfica 3, el esfuerzo realizado por los sujetos en la prueba de campo fue gradual. Respecto a la FC_{max} alcanzada por la población estudiada, fue mayor a la de otros estudios realizados en estudiantes universitarios (Pereira Rodríguez et al., 2017). En el estudio de Pereira Rodríguez et al., (2017). La FC_{max} promedio fue de 128.96 ppm, las diferencias entre el presente estudio y el de Pereira Rodríguez y cols (2017) puede estar en la capacidad aeróbica, puesto que el VO_{2max} alcanzado en los participantes de esta tesis fue de 52.5 ± 5.5 ml/kg/min, en el trabajo de Pereira la población de estudio alcanzo un valor promedio de VO_{2max} de 36.4 ml/kg/min.

Los niveles de lactato basal obtenidos en el presente estudio para la prueba de esfuerzo gradual en laboratorio fueron de 2.21 ± 1.12 mmol/L. Bajo condiciones saludables, en reposo, se han reportado valores sanguíneos de lactato de 0,5 - 2,2 mmol/L (Romero, 2014). Estos antecedentes permiten indicar que desde la variable metabólica (lactato), los participantes al igual que en el aspecto fisiológico, presentaban condiciones saludables. Finalizada la PGE en el laboratorio, los participantes mostraron niveles de lactato sanguíneo de 10.97 ± 2.84 mmol/L. En relación a la lactacidemia se consideran pruebas como máximas cuando se superan los 8 mmol/L (Casajús et al., 2009). Con lo anterior, se confirma que la PGE fue máxima.

Además del lactato sanguíneo y la FC_{max} , se ha indicado otros parámetros ventilatorios para mostrar que durante la administración de una prueba se llegó a un esfuerzo máximo. Concretamente, un coeficiente respiratorio (valor RER) ≥ 1.10 (López Chicharro & López Mojares, 2008). En la presente investigación, se alcanzó un valor de coeficiente respiratorio de 1.28 ± 0.13 . Este último dato, permite indicar que durante la PGE, el esfuerzo físico por parte de los sujetos fue máximo.

En relación al valor obtenido de VO_{2max} en la prueba gradual de esfuerzo máximo con analizador de gases fue de 52.8 ± 8.2 (ml/kg/min) y en la prueba de campo se obtuvieron valores de 47.9 ± 4.3 ml/kg/min determinado a partir de la fórmula de (L A Léger et al.,

1988). Por otro lado, al utilizar la ecuación de Chatterjee Pinaki et al. (2010), el $\text{VO}_{2\text{max}}$ promedio fue de 44.1 ± 3.6 ml/kg/min. En ambas ecuaciones se observó una diferencia significativa con respecto a los valores del $\text{VO}_{2\text{max}}$ determinado de manera directa con el analizador de gases (Gráfica 5). Lo anterior, puede deberse a las diferencias en el protocolo de la prueba de esfuerzo máximo. Para el desarrollo de una ecuación que estime de manera indirecta el $\text{VO}_{2\text{max}}$ en la prueba de Course Navette, la metodología común consiste en aplicar una prueba de esfuerzo gradual y determinar el VO_2 con analizador de gases, posteriormente, se aplica la prueba de Course Navette, y se realiza una gráfica de distribución de puntos para finalmente desarrollar una ecuación a partir de una regresión lineal. En ese sentido, el punto importante es la determinación de $\text{VO}_{2\text{max}}$ con analizador de gases. En el trabajo de Leger et al., (1982), se determinó el $\text{VO}_{2\text{max}}$ con el protocolo de Balke de tipo rampa, cuya aplicación es para individuos de baja capacidad funcional (Esper et al., 2010). Contrariamente, en el estudio, la prueba de esfuerzo gradual consistió en incrementar gradualmente la velocidad, sin embargo, la inclinación siempre permaneció constante (1°), esto en base a la metodología recientemente reportada (Cabral-Santos et al. 2016). La diferencia en la prueba de esfuerzo gradual pudo haber influido en el valor de $\text{VO}_{2\text{max}}$ obtenido. Se ha indicado que en pruebas de esfuerzo donde se presentan grandes incrementos de carga, se alcanzan menores niveles de $\text{VO}_{2\text{max}}$ posiblemente por limitaciones de la fuerza muscular (Buchfuhrer et al., 1983). Por lo anterior, es posible que en la prueba de Luc A. Léger & Lambert (1982) se haya alcanzado un menor $\text{VO}_{2\text{max}}$ y por ende la ecuación subestimó significativamente el $\text{VO}_{2\text{max}}$ de la población.

Por su parte, en el trabajo de (Chatterjee Pinaki et al., 2010) la muestra fue de 40 estudiantes universitarios de sexo masculino de Nepal, los cuales tenían una edad de 22.72 ± 1.27 años, En la investigación (Chatterjee Pinaki et al., 2010) se utilizó una prueba gradual de esfuerzo máximo que consistió en mantener una velocidad de carrera constante (7 km/h). Sin embargo, se incrementó la inclinación hasta el agotamiento. La diferencia en el protocolo aplicado pudo haber influido en los niveles de $\text{VO}_{2\text{max}}$ alcanzados, y por ende, al igual que el estudio de (Luc A. Léger & Lambert, 1982) en el desarrollo de la ecuación. Además del efecto con respecto a las diferencias en la PGE, el diferente tipo de población también es una variable a considerar. En el estudio de (Chatterjee Pinaki et al., 2010) el

VO_{2max} promedio alcanzado fue de 32.78 ± 2.88 mg/kg/min valores considerablemente bajos respecto a los presentados por los sujetos de estudio de la presente tesis.

Al utilizar la ecuación de Paradisis et al. (2014) los niveles de VO_{2max} no fueron estadísticamente diferentes a los valores de VO_{2max} obtenidos con el analizador de gases (Gráfica 5). En esta misma investigación se evaluaron a estudiantes universitarios de Educación Física, las características (edad, peso, carrera universitaria) de la población son muy similares a la de los sujetos de estudio del presente trabajo de tesis. Durante el trabajo de Paradisis, la PGE fue con inclinación (1°) en la caminadora eléctrica la cual se mantuvo constante. Sólo se incrementaba la velocidad de carrera. En la presente tesis, se aplicó una metodología parecida, esto pudo haber influido para que ambas poblaciones hayan tenido un rendimiento aproximado de hecho, los valores de VO_{2max} fueron afines (49.97 ± 7.17 mg/kg/min Paradisis vs 52.5 ± 5.5 mg/kg/min presente estudio). Por lo anterior, es posible que las estrechas similitudes entre la poblaciones, así como en el diseño y aplicación de la prueba de esfuerzo hayan tenido un impacto considerable para que la ecuación desarrollada por Paradisis (2014) haya estimado correctamente el VO_{2max} a partir de la prueba de Course Navette en los participantes de este trabajo de tesis. Sin embargo, es importante considerar que el anterior trabajo incluyó a población femenina y masculina. En ese sentido, se ha indicado que el género impacta significativamente en el rendimiento físico (Durocher et al. 2008; Kang et al. 2006). Los sujetos de estudio del presente trabajo de tesis fueron solamente varones. Por lo anterior, se consideró necesario desarrollar una ecuación para estimar el VO_{2max} a partir de la prueba de Course Navette en población masculina físicamente activa (Gráfica 4), la cual utilizó la velocidad final alcanzada en la prueba Course Navette y el VO_{2max} obtenido a través del test directo, lo que dio como resultado al realizar una correlación, la fórmula siguiente: $y = 7.4225x - 36.6$ (donde X representa la velocidad alcanzada durante la prueba).

XI. CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en la presente tesis, muestran que la ecuación de Leger comúnmente utilizada, no estima correctamente el $\text{VO}_{2\text{max}}$ obtenido en la prueba de CN en adultos jóvenes mexicanos, por lo anterior no es confiable ni reproducible para ser utilizada en una población con las características indicadas. No obstante, el CN es una prueba gradual que induce esfuerzo cardíaco máximo en adultos jóvenes sanos.

Por otra parte, los resultados del presente estudio señalan que los sujetos evaluados mostraron una elevada capacidad funcional para su edad y sexo (Wilmore et al., 2014). De igual forma, el análisis estadístico mostró que al comparar diversas fórmulas que predicen de forma indirecta el $\text{VO}_{2\text{max}}$, la ecuación desarrollada por Paradisis et al. (2014) pareció ser fiable y reproducible para estimar el $\text{VO}_{2\text{max}}$ en un grupo de sujetos físicamente activos mexicanos. Sin embargo, se considera necesario realizar más estudios enfocados a evaluar la fiabilidad y reproducibilidad de la ecuación que contengan un tamaño de muestra que sea representativo de población mexicana.

XII. PERSPECTIVAS

Las perspectivas inmediatas de esta tesis de licenciatura son las siguientes:

- 1) Aumentar el tamaño de la muestra para evaluar si la diferencia estadística hasta ahora obtenida se mantiene. De ser así, el presente proyecto podría proponer y validar una ecuación para estimar indirectamente el VO_{2max} con la prueba de CN en hombres jóvenes de la región norte de México.
- 2) Aplicar el mismo protocolo para población de mujeres jóvenes adultas y evaluar si la ecuación de Leger u otras recientemente propuestas son adecuadas para estimar el VO_{2max} en féminas de México.
- 3) Debido a la elevada prevalencia de exceso de peso que presenta la población mexicana en la actualidad, sería conveniente el desarrollar un protocolo similar para la valoración del VO_{2max} en poblaciones que presenten factores que comprometan su salud como la obesidad o padecimientos metabólicos como síndrome metabólico y diabetes tipo 1 y 2.

.

XIII. ANEXOS



JUNTA DE ANDALUCÍA
CONSEJERÍA DE SALUD

**PROMOCIÓN
SALUD
LUGAR
DE TRABAJO**

VERSIÓN PARA LOS USUARIOS/AS DE LA EMPRESA

CUESTIONARIO INTERNACIONAL DE ACTIVIDAD FÍSICA (IPAQ)

Nos interesa conocer el tipo de actividad física que usted realiza en su vida cotidiana. Las preguntas se referirán al tiempo que destinó a estar activo/a en los últimos 7 días. Le informamos que este cuestionario es totalmente anónimo.

Muchas gracias por su colaboración

1.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días realizó actividades físicas intensas tales como levantar pesos pesados, cavar, ejercicios, hacer aeróbicos o andar rápido en bicicleta?	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna actividad física intensa (pase a la pregunta 3)	☐
2.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física intensa en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐
3.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días hizo actividades físicas moderadas tales como transportar pesos livianos, o andar en bicicleta a velocidad regular? No incluye caminar.	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna actividad física moderada (pase a la pregunta 5)	☐
4.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a una actividad física moderada en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐
5.- Durante los últimos 7 días, ¿en cuántos días caminó por lo menos 10 minutos seguidos?	
Días por semana (indique el número)	
Ninguna caminata (pase a la pregunta 7)	☐
6.- Habitualmente, ¿cuánto tiempo en total dedicó a caminar en uno de esos días?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐
7.- Durante los últimos 7 días, ¿cuánto tiempo pasó sentado durante un día hábil?	
Indique cuántas horas por día	
Indique cuántos minutos por día	
No sabe/no está seguro	☐

Anexo 1.

PAR-Q & YOU

(Un Cuestionario para Personas de 15 a 69 años)

La actividad física regular es saludable y sana, y más personas cada día están comenzando a estar más activas. Ser más activo es seguro para la mayoría de las personas. Sin embargo, algunos individuos deben consultar a un médico antes de iniciar un programa de ejercicio o actividad física.

Si usted está planeando participar en programas de ejercicio o de actividad física, lo recomendado es que responda a las siete preguntas descritas más abajo. Si usted tiene entre 15 y 69 años de edad, el cuestionario PAR-Q le indicará si necesita consultar a su médico antes de iniciar un programa de ejercicio o actividad física. Si usted tiene más de 69 años de edad, y no está acostumbrado a estar activo, consulte a su médico.

El sentido común es la principal guía para contestar estas preguntas. Favor de leer las preguntas con cuidado y responder cada una honestamente: Marque SI o NO.

SI	NO
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐
☐	☐

Si

usted

contestó

Si a una o más preguntas:

Hable con su médico por teléfono o en persona ANTES de empezar a estar más activo físicamente, o ANTES de tener una evaluación de su aptitud física. Dígame a su médico que realizó este cuestionario y las preguntas que usted respondió que SI.

Usted puede estar listo para realizar cualquier actividad que desee, siempre y cuando comience lento y gradualmente. O bien, puede que tenga que restringir su actividad a las que sea más seguras para usted. Hable con su médico sobre el tipo de actividades que desea participar y diga su decisión.

Busque programas en lugares especializados que sean seguros y beneficiosos para usted.

No todas las preguntas:

Si usted contestó NO honestamente a todas las preguntas, entonces puede estar razonablemente seguro que puede:

Comenzar a ser más activo físicamente, pero con un enfoque lento y que se programe gradualmente. Está en la manera más segura y fácil.

Formar parte de una evaluación de la aptitud física: esta es una manera excelente para determinar su aptitud física de base, lo cual le ayuda a planificar la mejor estrategia de vivir activamente. También, es muy recomendable que usted se evalúe la presión arterial. Si su lectura se encuentra sobre 144/94, entonces, hable con su médico antes de ser más activo físicamente.

DEMORE EL INICIO DE SER MÁS ACTIVO:

Si usted no se siente bien a causa de una enfermedad temporal, tal como un resfriado o fiebre, entonces lo sugerido es esperar hasta que se recupere por completo o

Si usted está o puede estar embarazada, hable con su médico antes de comenzar a estar físicamente más activo.

POR FAVOR: Si un cambio en su salud lo obliga a responder SI a cualquiera de las preguntas, es importante que esta situación se le informe a su médico o entrenador personal. Pregunte si debe modificar su plan de ejercicio o actividad física.

Use Informado de PAR-Q: La Sociedad Canadiense de Fisiología del Ejercicio, y sus agentes, no asumen ninguna responsabilidad legal para las personas que realizan ejercicio o actividad física; en caso de duda después de completar este cuestionario, consulte primero a su médico.

No se permiten cambios. Se puede fotocopiar el PAR-Q, únicamente si se emplea todo el formulario.

NOTA: Si se requiere administrar el PAR-Q antes que el participante se incorpore a un programa de ejercicio/actividad física, o se someta a pruebas de aptitud física, esta sección se puede utilizar para propósitos administrativos o legales:

"Yo he leído, entendido y completado el cuestionario. Todas las preguntas fueron respondidas a mi entera satisfacción."

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha: _____

FIRMA DEL PARIENTE: _____

TESTIGO: _____

o TUTOR (para participantes menores edad)

NOTA: Este cuestionario es válido hasta un máximo de 12 meses, a partir de la fecha en que se completa. El mismo se invalida si su estado de salud requiere contestar SI en alguna de las siete preguntas.

NOTA: Obtenido de: The Physical Activity Readiness Questionnaire: PAR-Q & YOU, por Canadian Society for Exercise Physiology, 2002. Copyright 2002 por Canadian Society for Exercise Physiology. www.cse.ca/forms. Recuadrado de <http://www.cse.ca/cmf/bulletins/bulletin/par-q.pdf>



Anexo 3.



Anexo 4.

Anexo 5.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE DEPORTES

Tel. (646) 175-07-00 Ext. 65504

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

A QUIEN CORRESPONDA:

Yo _____ declaro libre y voluntariamente que deseo participar en la valoración del perfil de bdnf y capacidad funcional en dos protocolos de entrenamiento (HIIT), cuyo objetivo es: identificar el tiempo de producción de bdnf tanto en PAM como en HIIT, considerando las siguientes variables: a) perfil antropométrico y b) perfil de capacidad funcional con el fin de que se establezca un control basal a la sesión de ejercicio. Cabe mencionar que este es un estudio pre-experimental, que se pretende continuar por 1 semana.

Entiendo que se me solicitará lo siguiente:

1. Acudir a la medición antropométrica, donde se valorará su peso corporal, estatura de pie y composición corporal.
2. Acceder a la toma de sangre venosa y capilar pre y post ejercicio.
3. Acudir a la prueba de esfuerzo máximo en las instalaciones de LABIMH para determinar los valores que se aplicarán de manera personalizada durante la sesión de HIIT.
4. Acudir en ayuno de 2 horas a la valoración antropométrica.

Todos los procedimientos mencionados anteriormente serán realizados bajo la supervisión de profesionales especializados, no obstante incluyen posibles riesgos tales como:

1. Incomodidad en la evaluación antropométrica y debido a que en el momento de tomar las mediciones deberá estar en un mínimo de ropa (pants, camiseta y sin calcetines).
2. Durante la aplicación de pruebas de aptitud física modificación de la frecuencia cardíaca y/o presión arterial, taquicardia temporal, presencia de dolor anginoso, fibrilación auricular y/o ventricular y lesión auricular y/o muscular.
3. Incomodidad en toma de muestra de sangre venosa debido a los riesgos y complicaciones que se pueden presentar durante la extracción como son: sensación dolorosa que produce el procedimiento de venopunción al poder presentarse la compresión de algún nervio y formación de hematoma en forma de protuberancia durante o después de la venopunción.

Se me ha informado que tengo la libertad de retirarme de este proyecto en cualquier momento y que puedo solicitar mayor información acerca del estudio, si así lo deseo.

Así mismo, doy mi consentimiento para que los datos emanados de este trabajo puedan ser publicados en medios de divulgación científica, solicitando completa confidencialidad acerca de mi identidad.

DATOS DEL PARTICIPANTE

Nombre _____

DATOS DEL TESTIGO

Nombre _____



Evaluación de la Capacidad Aerobia Consumo Máximo de Oxígeno (VO₂max)

Nombre _____ Fecha de evaluación _____
Fecha de Nacimiento _____

Nivel	Vuelta																			
1	1	2	3	4	5	6	7													
2	1	2	3	4	5	6	7	8												
3	1	2	3	4	5	6	7	8												
4	1	2	3	4	5	6	7	8												
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9											
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9											
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11									
11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11									
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13							
17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14						
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14						
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					

Nivel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
FC																				

FINAL	
Nivel:	Vuelta Completa:

FC max alcanzada (lat/min):
VO ₂ max alcanzado (ml/kg/min):

Comentarios _____

Evaluador _____
Universidad Autónoma de Baja California Facultad de Deportes Campus Ensenada

InBody

ID	Altura	Edad	Sexo	Fecha / hora del test
hiit-bdnf1	169.9cm	20	Masculino	2017.11.15. 12:58

Análisis de Composición Corporal

	Unidad	Valor	Normal	Rango	Riesgo
Agua Corporal Total	(L)	37.5	(35.7~43.7)	48.4	60.7
Proteína	(kg)	10.3	(9.5~11.7)	51.4	60.7
Minerales	(kg)	3.62	(3.30~4.04)		
Masa Grasa Corporal	(kg)	9.3	(7.6~15.3)		

Análisis de Músculo-Grasa

	Unidad	Valor	Normal	Rango
Peso	(kg)	60.7		
MME	(kg)	29.0		
Masa Grasa Corporal	(kg)	9.3		

Análisis de Obesidad

	Unidad	Valor	Normal	Rango
IMC	(kg/m ²)	21.0		
PGC	(%)	15.3		

Análisis de Masa Magra Segmental

	Unidad	Valor	Normal	Rango	AEC/ACT
Brazo Derecho	(kg)	2.61			0.371
Brazo Izquierdo	(kg)	2.56			0.370
Tronco	(kg)	22.1			0.368
Pierna Derecha	(kg)	7.82			0.364
Pierna Izquierda	(kg)	7.97			0.366

Análisis de Agua Corporal

	Unidad	Valor	Normal	Rango
AEC/ACT		0.367		

Historial de Composición Corporal

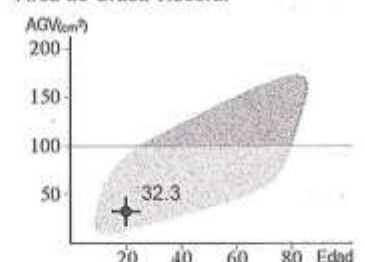
	Unidad	Valor	Normal	Rango
Peso	(kg)	61.4		
MME	(kg)	28.9		
PGC	(%)	15.5		
AEC/ACT		0.374		

Puntuación InBody

77/100 Puntos

* La puntuación total que refleja la evaluación de la composición corporal. Una persona musculosa puede superar 100 puntos.

Área de Grasa Visceral



Control de Peso

Peso Ideal	63.5 kg
Control de Peso	+ 2.8 kg
Control de Grasa	+ 0.3 kg
Control de Músculo	+ 2.5 kg

Análisis de Grasa Segmental

Brazo Derecho	(0.5 kg)	83.5%
Brazo Izquierdo	(0.5 kg)	86.3%
Tronco	(4.3 kg)	106.4%
Pierna Derecha	(1.5 kg)	93.7%
Pierna Izquierda	(1.5 kg)	94.4%

Parámetros de Investigación

Agua Intracelular	23.7 L	(22.1~27.1)
Agua Extracelular	13.8 L	(13.6~16.6)
Tasa Metabólica Básica	1481 kcal	(1373~1596)
Relación Cintura-Cadera	0.81	(0.80~0.90)
Masa Celular Corporal	34.0 kg	(31.7~38.7)

Código QR para Interpretación de Resultados

Escanee el Código QR para ver la interpretación de los resultados con mayor detalle.



Ángulo de Fase Corporal Total

φ(°) 50.124 | 6.5°

Impedancia

	BD	BI	TR	PD	PI
Z(Ω) 1 kHz	396.5	407.6	28.4	335.0	318.1
5 kHz	389.0	399.7	27.4	326.3	310.4
50 kHz	342.7	350.8	23.0	277.0	264.1
250 kHz	306.5	314.4	18.7	245.1	233.6
500 kHz	295.5	303.2	16.9	238.4	227.3
1000 kHz	288.3	295.4	14.3	235.0	223.8

TABLA 8. Escala de Börg de percepción subjetiva de esfuerzo

<i>Esfuerzo</i>
1
6
7 Muy, muy leve
8
9 Muy leve
10 Bastante leve
12
13 Un poco fuerte
14
15 Fuerte
16
17 Muy fuerte
18
19 Muy, muy fuerte
20

Anexo 8.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

otorga a:

Priscilla García Wong Avilés

la presente

Constancia

Por su participación como ponente en el II Congreso Internacional Estudiantil en Ciencias del Ejercicio, con el tema:

Grado de Asociación entre el nivel de Actividad Física obtenido con el Cuestionario IPAQ Y la Frecuencia Cardíaca de Recuperación Después una Prueba Gradual de Esfuerzo Máximo en Jóvenes Adultos

celebrado del 26 al 27 de abril del presente año.

"Alere Flammas Veritatis"

Dr. José L. Tristán Rodríguez
Director

San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México a 26 de abril de 2018.



II CONGRESO INTERNACIONAL
ESTUDIANTIL EN CIENCIAS
DEL EJERCICIO





Tijuana, Baja California., a 24 de agosto de 2018.

García Wong Avilés, P, Franco Redona, F, García Suárez, PC, Rentería I y Jiménez Maldonado, A.
Presentes.-

Sirva este medio para enviarles un cordial saludo y a la vez comunicarle que el comité científico del 2º Simposio Internacional de Tópicos Avanzados en Fisiología del Ejercicio ha dictaminado la **aceptación** de su trabajo de investigación titulado **“¿LA ECUACIÓN DE LEGER ES ADECUADA PARA DETERMINAR INDIRECTAMENTE EL CONSUMO MÁXIMO DE OXÍGENO EN LA PRUEBA DE COURSE NAVETTE EN POBLACIÓN MEXICANA? UN ESTUDIO PRELIMINAR.”** para presentarse dentro del Programa de Trabajos Libres en la modalidad de Presentación en Cartel el día 30 de agosto de 2018 en horario de 15:30 a 17:00 horas. Su trabajo en modalidad de resumen sigue en un proceso de revisión para ser publicado posterior al evento académico en la Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (Ricafed), (ISSN: 2255-0451) indizada en EBSCO, Index Copernicus, Laindex y Emerging Sources Citation Index.

Las especificaciones correspondientes a la presentación de su trabajo en cartel son las siguientes: los carteles no deberán ser mayores a 80 cm. de ancho y 110 cm. de largo, con un tamaño de letra que pueda ser leído a una distancia de dos metros. Un ejemplo sería el tipo de letra Times New Roman de 34 puntos en dos líneas por pulgada vertical en Power Point. Los carteles deberán incluir: Introducción, Objetivo, Método, Resultados (Tablas y/o Figuras, si incluye), Conclusiones y Bibliografía (opcional). Para cualquier comentario e información estamos para servirle en las direcciones de correo electrónico lgomez8@uabc.edu.mx.

Sabedores de que su presencia le dará gran realce a este magno encuentro académico y científico, esperamos contar con su asistencia, al margen de que podamos establecer otros vínculos de colaboración interinstitucional para el engrandecimiento de la Cultura Física, la Salud y el Deporte de nuestro país.

ATENTAMENTE
“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE”

DR. LUIS MARIO GÓMEZ MIRANDA

COORDINADOR DEL COMITÉ CIENTÍFICO

Sitio en Internet / Website: <https://sitafe-2018.webnode.es/>

Anexo 10.



Anexo 11.

XIV. BIBLIOGRAFÍA

- Allison, D. T., & Burdiat, G. (2010). Pruebas de esfuerzo cardiopulmonar en la práctica clínica, 17–27.
- Balady, G. J. (2002). Survival of the Fittest More Evidence, *346*(11), 852–854.
- Bazán, N. (2014). Consumo de oxígeno. Definición y características. *ISDe Sports Magazine*, *6*(20), 1–6. Retrieved from www.isde.edu.ar
- Blair, S. N., Kohl, H. W., Paffenbarger, R. S., Clark, D. G., Cooper, K. H., & Gibbons, L. W. (1989). Physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy men and women. *Jama*, *262*(17), 2395–2401.
<https://doi.org/10.1001/jama.1989.03430170057028>.
- Blair, S. N., Kohl Iii, H. W., Barlow, C. E., Paffenbarger, R. S., Gibbons, L. W., & Macera, C. A. (1995). Changes in Physical Fitness and All-Cause Mortality A Prospective Study of Healthy and Unhealthy Men. *Jama*, *273*(Cvd), 1093–1098.
- BORG, A. . (1982). 15_Perceived_Exertion.pdf.
- Casajús, J. A., Piedrafita, E., & Aragonés, M. T. (2009). Criterios de maximalidad en pruebas de esfuerzo. *Revista Internacional de Medicina Y Ciencias de La Actividad Fisica Y Del Deporte*, *9*(35), 217–231.
- Castillo, M. J. (2007). La condición física es un componente importante de la salud para los adultos de hoy y del mañana. *Selección*, *17*(1), 2–8.
- Chatterjee Pinaki, Banerjee Alok k, Das Paulomi, D. P. (2010). A Regression Ecuation For The Estimation Of Vo2max in Nepalese Male Adults.
- Cooper, K. H. (1968). A Means of Assessing Maximal Oxygen Intake.
- del Campo, J., González, L., & Gámes, A. (2015). Relación entre el índice de masa

- corporal, el porcentaje de grasa y la circunferencia de la cintura en universitarios. *Investigación Y Ciencia*, 23(65), 26–32. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/674/67443217004.pdf>
- Dorn, Joan, John Naughton, Dai Immamura, M. T. (2015). Clinical Investigation and Reports Results of a Multicenter Randomized Clinical Trial of Exercise and Long-Term Survival in Myocardial, 1764–1770.
- Esper, R., Martin, T. P. C. A., Bruno, C., Angelino, A., Castiello, G., Gagliardi, J., ... Sengen, P. (2010). Consenso Argentino de Prueba Ergométrica Graduada Versión resumida, 78, 74–89.
- Franklin, A. (2013). Exercise-Based Cardiac Rehabilitation and Improvements in Cardiorespiratory Fitness: Implications Regarding Patient Benefit, 88(May), 431–437. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.03.009>
- Gabriel, J., Calleja, P., Torres, A. U., & Cherit, G. D. (2006). la atmósfera a la mitocondria, 65(2), 60–67.
- García, G. C., & Secchi, J. D. (2014). Test course navette de 20metros con etapas de un minuto. Una idea original que perdura hace 30 años. *Apunts Medicina de l'Esport*, 49(183), 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2014.06.001>
- García, G. C., Secchi, J. D., & Cappa, D. F. (2013). Comparación del consumo máximo de oxígeno predictivo utilizando diferentes test de campo incrementales : UMTT , VAM-EVAL y 20m-SRT, 30(3), 156–162.
- Gulati, M., Pandey, D. K., Arnsdorf, M. F., Lauderdale, D. S., Thisted, R. A., Wicklund, R. H., ... Black, H. R. (2003). Exercise capacity and the risk of death in women: The St. James Women Take Heart Project. *Circulation*, 108(13), 1554–1559. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000091080.57509.E9>
- Hernandez, A. (2012). De ejercicio maximales y submaximales científico estimated maximum oxygen consumption by exercise tests maximal and submaximal, 6(1), 19–30.
- Laukkanen, J. A., Lakka, T. A., Rauramaa, R., Kuhanen, R., Venäläinen, J. M., Salonen,

- R., & Salonen, J. T. (2001). Cardiovascular Fitness as a Predictor of Mortality in Men. *Archives of Internal Medicine*, 161(6), 825. <https://doi.org/10.1001/archinte.161.6.825>
- Léger, L. A., & Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict {Mathematical expression}O₂ max. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 49(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/BF00428958>
- Léger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness, 414(December), 37–41. <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
- Leite, S. A., Monk, A. M., Upham, P. A., & Bergenstal, R. M. (2009). Low cardiorespiratory fitness in people at risk for type 2 diabetes: early marker for insulin resistance. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 1(1), 8. <https://doi.org/10.1186/1758-5996-1-8>
- Lopez, E. J. M. (2002). *Pruebas de Aptitud Fisica*.
- López Chicharro, J., & López Mojares, L. M. (2008). Fisiologia del ejercicio Lopez Chicharro.pdf.
- Luis, J., & Sierra, P. (2014). Efecto de un plan de entrenamiento físico en el consumo máximo de oxígeno (VO_{2máx}) y el peso en pacientes hipertensos adultos mayores adscritos a la ips cajasan (bucaramanga) physical training program effect in the uptake of maximum oxygen (VO_{2máx}), 19(19), 27–38.
- McMurray, R. G., Ainsworth, B. E., Harrell, J. S., Griggs, T. R., & Williams, O. D. (1998). Is physical activity or aerobic power more influential on reducing cardiovascular disease risk factors?. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(10), 1521-1529
- Montaner, V., & Cols, Y. (2009). *Medicina del Deporte*, 1(3), 2008.
- Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S., & Atwood, E. (2002). Exercise Capacity and Mortality Among Men Referred for Exercise Testing. *The New England Journal of Medicine*, 346(11), 793–801.
- Namasivayam, V., Lapperre, T., Wan, W. K., & Wong, W. Y. (2017). Is Cardiorespiratory

- Fitness (VO2 Max) Associated with Risk of Colorectal Adenoma ? A Case-Control Study. *Gastroenterology*, 152(5), S834. [https://doi.org/10.1016/S0016-5085\(17\)32878-0](https://doi.org/10.1016/S0016-5085(17)32878-0)
- Paradisis, G. P., Zacharogiannis, E., Mandila, D., Smirtiotou, A., Argeitaki, P., & Cooke, C. B. (2014). Multi-stage 20-m shuttle run fitness test, maximal oxygen uptake and velocity at maximal oxygen uptake. *Journal of Human Kinetics*, 41(1), 81–87. <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0035>
- Portella, F. S., Sintes, V. D., Milla Fernández, M. A., & Ferrer, B. A. (2017). «Menorca borina't (muévete)»: descripció de un programa de promoció de activitat y ejercicio físico para mejorar la salud en la isla de Menorca. *Apunts Medicina de l'Esport*, 52(196), 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2017.07.002>
- Redberg, R. F., Whiteman, M. K., Flaws, J. a, & Blumenthal, R. S. (2007). Cardiovascular and All-Cause Death in Asymptomatic Women. *Methods*, 290(12), 1600–1607.
- Ribas, J. (2000). Aplicabilidad de las pruebas de esfuerzo en neumología. *Archivos de Bronconeumología*, 36(1), 44–51. [https://doi.org/10.1016/S0300-2896\(15\)30232-5](https://doi.org/10.1016/S0300-2896(15)30232-5)
- Romero, J. A. A. (2014). Evaluación fisiológica del lactato como marcador bioquímico utilizado para indicar la intensidad del ejercicio Evaluación fisiológica del lactato como marcador bioquímico utilizado para indicar la intensidad del ejercicio.
- Takken, T., Blank, A. C., Hulzebos, E. H., van Brussel, M., Groen, W. G., & Helders, P. J. (2009). Cardiopulmonary exercise testing in congenital heart disease: (contra)indications and interpretation. *Neth Heart J*, 17(10), 385–392. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2773030/pdf/nhj1738500.pdf%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2773030/>
- Vanhoy, R. A. (2012). A comparison of two different treadmill protocols in measuring maximal oxygen consumption in highly trained distance runners. *ProQuest Dissertations and Theses*. Retrieved from <http://search.proquest.com.proxy.lib.sfu.ca/docview/1024148685?accountid=13800>
- Wei, M., Kampert, J., Barlow, C., Nichaman, N., Gibbons, L., Paffenbarger, R., & Blair, S.

(1999). Relationship Between Low Cardiorespiratory Fitness and Mortality in Normal-Weight, Overweight, and Obese Men. *Jama*, 282(16), 1547–1553.
<https://doi.org/10.1001/jama.282.16.1547>

Wilmore, J. H., Costill, D. L., & Kenney, W. L. (2014). Fisiología del esfuerzo y del deporte, 575. Retrieved from <http://www.paidotribo.com/pdfs/891/891.i.pdf>

Zimmet, P., Alberti, K. G. M. M., & Serrano Ríos, M. (2005). Una nueva definición mundial del síndrome metabólico propuesta por la Federación Internacional de Diabetes: fundamento y resultados. *Revista Española de Cardiología*, 58(12), 1371–1376. [https://doi.org/10.1016/S0300-8932\(05\)74065-3](https://doi.org/10.1016/S0300-8932(05)74065-3)