



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FASE I

**OPTIMIZACIÓN DE NUTRIENTES Y EJERCICIO FÍSICO PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO
DE UN ATLETA**

PRESENTADO POR:

11611186 GERMAN RENÉ RIVERA FLORES

ASESOR: ING. DANIEL MONTENEGRO

CAMPUS UNITEC TEGUCIGALPA; JULIO, 2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios, que ha sido el camino, mi luz y mi apoyo en toda mi carrera profesional. A mis padres, que son el pilar fundamental de mi vida, los que me han apoyado incondicionalmente en cada paso que he dado, que me han enseñado que con esfuerzo, trabajo y disciplina se puede lograr esos sueños que anhelaba aquel niño pequeño, que poco a poco está a punto de lograr. A mi hermana por ser mi fuente de inspiración, y también dedico a todas las personas que me brindaron apoyo cuando lo necesitaba. Gracias a todos por creer en este lindo sueño.

AGRADECIMIENTOS

Muestro mis más sinceros agradecimientos a:

Al Ing. Daniel Montenegro por su dedicación y tiempo en la asesoría del desarrollo de esta investigación, a la Dra. Lourdes Manzanares y Dra. Diana Méndez quienes dedicaron parte de su tiempo para la validación de mi proyecto, como también a Lic. Ricardo Escobar por su tremenda ayuda al asesoramiento de toda la parte física y conocimiento del deporte hondureño.

*El verdadero reto de un Ingeniero es crear el mundo que
siempre ha soñado*

German Rivera

RESUMEN EJECUTIVO (ESPAÑOL)

Actualmente Honduras no tiene medallas olímpicas, debido a la situación de limitantes que tiene los atletas como tiempo y dinero que le impiden desarrollarse física como nutritivamente para una competencia. La presente investigación tuvo como propósito la optimización de la cantidad de nutrientes y ejercicios físico en un atleta, a través de un modelo matemático de asignación de porciones de alimentos y rutinas de ejercicios, mediante programación lineal entera binaria.

Primero se inició con una serie de entrevistas a preparadores físicos y atletas, luego se procedió con la revisión de literatura para comprender la metodología y desarrollar los dos modelos matemáticos, uno para asignación de alimentos y otro para rutinas, donde cada modelo tiene 3 submodelos que corresponden a las 3 disciplinas a estudiar: Atletismo, Judo, Halterofilia. Después se crearon los 3 submodelos para asignación de alimentos donde se evaluaron un total de 14,883 variables y 18,502 restricciones, que se distribuyen a lo largo de los 3 submodelos. Se obtuvo que el plan alimenticio de Halterofilia es el más costoso donde se gastaría para 13 días L. 2,347. Mientras que el costo de Judo y Atletismo es de L.1,979 y L.1,945 respectivamente.

Luego se diseñó los 3 submodelos de rutinas físicas para cada disciplina, donde se evaluaron un total de 3600 variables y 685 restricciones en total. Se determinó que para el modelo de Atletismo se debe ejercitar como mínimo 59 horas, para el modelo de Judo y Halterofilia, 42.5 horas y 50.3 horas minutos respectivamente, en un plan de 20 días. Por último se validó mediante especialistas que el modelo de asignación de alimentos es aplicable, y que el modelo de rutinas físicas, no se puede implementar debido a factores de biotipo de cada atleta, por lo tanto, se necesita de un análisis más personalizado para cada deportista.

RESUMEN EJECUTIVO (INGLÉS)

Currently Honduras does not have Olympic medals, due to the situation of limitations that athletes have such as time and money that prevents them from developing physically as nutritionally for a competition. The purpose of this research was to optimize the quantity of nutrients and physical exercise in an athlete, through a mathematical model of food portion allocation and exercise routines, by means of linear integer binary programming.

It first began with a series of interviews with physical trainers and athletes to understand the current situation of Honduran sports, then we proceeded with a literature review to understand the methodology to develop the two mathematical models, one for food allocation and the other model for physical routines, where each model has 3 sub-models that correspond to the 3 disciplines to be studied: Athletics, Judo, Weightlifting. Then the 3 sub-models for food allocation were created where a total of 14,883 variables and 18,502 restrictions were evaluated, which are distributed along the 3 sub-models. It was obtained that the weightlifting meal plan is the most expensive one where L. 2,347 would be spent for 13 days. While the cost of Judo and Athletics is L.1,979 and L.1,945, respectively.

Then the 3 sub-models of physical routines were designed for each discipline, where a total of 3600 variables and 685 restrictions were evaluated in total. It was determined that for the Athletics model a minimum of 59 hours should be exercised, for the Judo and Weightlifting model, 42.5 hours, and 50.3 hours respectively, in a 20-day plan. Finally, it was validated by specialists that the food allocation model is applicable, and that the physical routines model cannot be implemented due to biotype factors of each athlete, therefore a more personalized analysis is needed for each athlete.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción.....	2
II.	Planteamiento del problema.....	4
2.1.	PRECEDENTES DEL PROBLEMA.....	4
2.2.	DEFINICIÓN DE PROBLEMA.....	6
2.3.	JUSTIFICACIÓN.....	6
2.4.	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	6
2.5.	OBJETIVOS.....	7
2.5.1.	<i>Objetivo general</i>	7
2.5.2.	<i>Objetivo específico</i>	7
III.	Marco Teórico.....	8
3.1.	NUTRICIÓN.....	8
3.1.1.	<i>Definición</i>	8
3.1.2.	<i>Alimentación y Dieta</i>	8
3.1.3.	<i>Componentes de la alimentación</i>	9
3.1.3.1.	Macronutrientes.....	9
3.1.3.2.	Micronutrientes.....	10
3.1.4.	<i>Disciplinas en el área de nutrición</i>	11
3.2.	NUTRICIÓN DEPORTIVA.....	11
3.2.1.	<i>Definición</i>	11
3.2.2.	<i>Macronutrientes en deportistas</i>	12
3.2.2.1.	Hidratos de carbono.....	12
3.2.2.2.	Proteínas en un deportista.....	13
3.2.2.3.	Lípidos en deportistas.....	14
3.2.3.	<i>Micronutrientes en deportistas</i>	14
3.3.	EJERCICIO FÍSICO.....	15
3.3.1.	<i>Definición</i>	15
3.3.2.	<i>Deporte</i>	15

3.3.3.	<i>Clasificación de los deportes</i>	15
3.3.4.	<i>Ciclos del atleta</i>	16
3.4.	INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES	17
3.4.1.	<i>Definición</i>	17
3.5.	MODELO MATEMÁTICO.....	18
3.5.1.	<i>Definición</i>	18
3.5.2.	<i>Variables de Decisión</i>	19
3.5.2.1.	<i>Definición</i>	19
3.5.3.	<i>Función Objetivo</i>	20
3.5.4.	<i>Restricciones</i>	21
3.5.4.1.	<i>Definición</i>	21
3.5.4.2.	<i>Restricciones Suaves</i>	22
3.5.4.3.	<i>Restricciones Fuertes</i>	22
3.6.	PROGRAMACIÓN LINEAL	22
3.6.1.	<i>Definición</i>	23
3.6.2.	<i>Programación Lineal entera</i>	24
3.6.2.1.	<i>Definición</i>	24
3.6.2.2.	<i>Programación lineal entera binaria</i>	24
3.6.2.3.	<i>Programación lineal entera mixta (PLEM)</i>	24
3.6.3.	<i>Problema de la dieta</i>	25
3.7.	SOLUCIÓN.....	25
3.7.1.	<i>Solución del modelo Matemático</i>	25
3.8.	OPEN SOLVER	26
3.8.1.	<i>Definición</i>	26
3.8.2.	<i>Diferencia de Solver y Open Solver</i>	26
3.9.	OPTIMIZACIÓN.....	26
3.9.1.	<i>Definición</i>	26
3.10.	VALIDACIÓN DEL MODELO	27
IV.	Metodología.....	29

4.1.	ENFOQUE.....	29
4.2.	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	30
4.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	30
4.3.1.	<i>Técnicas</i>	30
4.3.1.1.	Programación Lineal Entera:.....	30
4.3.1.2.	Entrevistas.....	30
4.3.2.	<i>Instrumentos</i>	30
4.3.2.1.	Microsoft Excel.....	30
4.3.2.2.	Open Solver.....	31
4.3.2.3.	Base de Datos.....	31
4.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	31
4.5.	METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	31
4.6.	METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN.....	32
4.7.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	33
V.	Resultados y análisis.....	34
5.1.	MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL.....	34
5.1.1.	<i>Tipos de disciplina</i>	35
5.1.2.	<i>Tipos de ciclo del atleta</i>	37
5.1.3.	<i>Cantidad de tiempos de comida</i>	37
5.1.4.	<i>Cantidad de días de cada ciclo</i>	38
5.1.5.	<i>Cantidad de grupos de cada alimento</i>	39
5.1.5.1.	Cantidad de porciones recomendados en cada grupo por un atleta al día.....	41
5.1.6.	<i>Cantidad de gramos en una porción recomendada para cada alimento</i>	41
5.1.7.	<i>Cantidad de nutrientes para un deportista</i>	43
5.1.7.1.	Nutrientes necesarios para un deportista.....	44
Fuente: (Elaboración propia).....		45
5.1.7.2.	Cantidad de nutrientes por alimento.....	45
5.1.8.	<i>Costo de los alimentos</i>	46
5.1.9.	<i>Tipos de ejercicio</i>	47

5.1.10.	<i>Tiempo de ejercicios</i>	48
5.1.11.	<i>Cantidad de calorías en cada tipo de ejercicios</i>	48
5.1.12.	<i>Cantidad de días de cada submodelo</i>	48
5.2.	NOMENCLATURA.....	48
5.2.1.	<i>Asignación de alimentos a un atleta (Modelo A)</i>	49
5.2.1.1.	Índices del modelo A.....	49
5.2.1.2.	Variable de decisión.....	51
5.2.1.3.	Función Objetivo.....	51
5.2.1.4.	Restricciones.....	52
5.2.2.	<i>Asignación de rutinas físicas (Modelo b)</i>	57
5.2.2.1.	Índices del modelo B.....	57
5.2.2.2.	Variable de decisión.....	59
5.2.2.3.	Función Objetivo (Modelo B).....	59
5.2.2.4.	Restricciones.....	60
5.3.	RESULTADOS (MODELO A).....	62
5.4.	ANÁLISIS (MODELO A).....	65
5.4.1.	<i>Comparación análisis de costo entre los ciclos de cada modelo</i>	65
5.4.2.	<i>Análisis de costo entre los modelos</i>	67
5.4.2.1.	Análisis de costo semanal.....	67
5.4.3.	<i>Cantidad de alimentos de los grupos alimenticios entre los modelos</i>	68
5.4.4.	<i>Comparación de macronutrientes entre cada modelo</i>	70
5.4.5.	<i>Cantidad de alimentos en promedio ingeridos al día</i>	71
5.5.	RESULTADOS (MODELO B).....	72
5.6.	ANÁLISIS (MODELO B).....	74
5.6.1.	<i>Comparación de tiempos entre los modelos</i>	75
5.6.2.	<i>Análisis de calorías gastadas entre los modelos</i>	76
5.6.3.	<i>Comparación de ejercicios de fuerza de cada disciplina</i>	77
5.6.4.	<i>Cantidad de ejercicios promedio realizados al día</i>	77
5.7.	VALIDACIÓN.....	78

5.7.1.	<i>Paso 1: Entrevistas a especialistas</i>	79
5.7.1.1.	Modelo A.....	79
5.7.2.	<i>Paso 2: Validar los resultados del plan alimenticio</i>	80
5.7.3.	<i>Paso 3: Validar los resultados del plan de rutinas físicas</i>	81
5.7.4.	<i>Paso 4: Encuesta de aplicabilidad para cada modelo</i>	82
5.7.4.1.	Aplicabilidad según el costo.....	83
5.7.4.1.	Cantidad de alimentos diarios	83
5.7.5.	<i>Cantidad de macronutrientes y micronutrientes</i>	85
5.7.6.	<i>Implementación para a un atleta</i>	86
VI.	Conclusiones	87
VII.	Recomendaciones	88
VIII.	Aplicabilidad/ Implementación.....	88
IX.	Evolución del trabajo actual/Trabajo futuro	89
X.	Bibliografía.....	90
XI.	ANEXOS	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-	Cronograma de actividades	33
Ilustración 2-	Clasificación de los modelos.....	34
Ilustración 3	Gráfica de costos de cada ciclo por disciplina	66
Ilustración 4-	Gráfica de costo semanal de cada ciclo.....	67
Ilustración 5-	Gráfica de costo de grupo alimenticio por cada disciplina.....	68
Ilustración 6-	Gráfica de necesidad de consumo de alimentos por cada grupo alimenticio.....	69
Ilustración 7-	Gráfica de la cantidad de macronutrientes de cada ciclo de cada disciplina.....	70
Ilustración 8-	Gráfica de comparación de tiempos entre los modelos.....	75
Ilustración 9 -	Calorías gastadas en cada una de las disciplinas.....	76

Ilustración 10 – Tiempo de ejercicios de fuerza	77
Ilustración 11 – Cantidad de ejercicios al día	78
Ilustración 12 - Gráfica de aplicabilidad según costo	83
Ilustración 13- Gráfica de validación de cantidad de alimentos	83
Ilustración 14- Validación cantidad de frutas y verduras.....	84
Ilustración 15- Validación cantidad de tubérculos.....	85
Ilustración 16- Gráfica de validación de cantidad de macro y micronutrientes.....	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Función y fuentes de las vitaminas hidrosolubles	10
Tabla 2- Función y fuentes de las vitaminas liposolubles.....	11
Tabla 3- Cantidad de carbohidratos dependiendo de la carga de entrenamiento	13
Tabla 4 - Suplementos requeridos y aprobados por la comisión olímpica	14
Tabla 5-Clasificación histórica de atletas hondureños en los JJOO.....	35
Tabla 6 - Tiempos de comida para cada ciclo de un atleta	38
Tabla 7 -Cantidad de días de estudio de cada ciclo.....	39
Tabla 8- Alimentos divididos en cada grupo alimenticio	40
Tabla 9- Cantidad recomendada de grupos de alimentos para los atletas.....	41
Tabla 10- Porciones recomendadas por cada alimento.....	42
Tabla 11 - Requerimientos nutricionales para un deportista.....	43
Tabla 12 - Nutrientes para deportistas y su función	44
Tabla 13 - Costo porción de cada alimento.....	46
Tabla 14- Tipos de ejercicio por cada disciplina	47

Tabla 15- Índices modelo A	49
Tabla 16- Índices modelo A	57
Tabla 17- Plan de alimentación del ciclo de entrenamiento para Atletismo	62
Tabla 18- Plan de alimentación para el ciclo de precompetición de Atletismo.....	64
Tabla 19- Cantidad de alimentos en cada ciclo de cada disciplina	71
Tabla 20- Asignación de ejercicios para la etapa 1 del modelo de Atletismo.....	72
Tabla 21- Calificaciones para cada modelo	86
Tabla 22 - Cantidad de nutrientes por porción de cada alimento.....	95
Tabla 23- Restricciones nutricionales para el modelo de Atletismo.....	96
Tabla 24- Restricción nutricional para el modelo de Judo.....	96
Tabla 25- Restricción nutricional para Halterofilia	97
Tabla 26- Resultados plan alimenticio Atletismo.....	98
Tabla 27- Resultados Plan Alimenticio de Judo	103
Tabla 28- Plan alimenticio Halterofilia	108
Tabla 29- Plan de rutina de Atletismo etapa 2	112

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1- Función Objetivo Modelo A	52
Ecuación 2- Restricción 1 (Modelo A)	52
Ecuación 3- Restricción 2 (Modelo A)	52
Ecuación 4- Restricción 3 (Modelo A)	53
Ecuación 5- Restricción 4 (Modelo A)	53
Ecuación 6- Restricción 5 (Modelo A)	53

Ecuación 7- Restricción 6 (Modelo A)	54
Ecuación 8- Restricción 7 (Modelo A)	54
Ecuación 9- Restricción 8 (Modelo A)	54
Ecuación 10- Restricción 9 (Modelo A).....	54
Ecuación 11- Restricción 10 (Modelo A)	54
Ecuación 12- Restricción 11 (Modelo A)	55
Ecuación 13- Restricción 12 (Modelo A)	55
Ecuación 14- Restricción 13 (Modelo A)	55
Ecuación 15- Restricción 14 (Modelo A)	55
Ecuación 16- Restricción 15 (Modelo A)	56
Ecuación 17- Restricción 16 (Modelo A)	56
Ecuación 18- Restricción 17 (Modelo A)	56
Ecuación 19- Restricción 18 (Modelo A)	56
Ecuación 20- Restricción 19 (Modelo A)	56
Ecuación 21- Restricción 20 (Modelo A)	57
Ecuación 22- Restricción 21 (Modelo A)	57
Ecuación 23- Restricción 22 (Modelo A)	57
Ecuación 24- Función Objetivo Modelo B	60
Ecuación 25- Restricción 1 (Modelo B)	60
Ecuación 26- Restricción 2 (Modelo B)	60
Ecuación 27- Restricción 3 (Modelo B)	60
Ecuación 28- Restricción 4 (Modelo B)	61
Ecuación 29- Restricción 5 (Modelo B)	61

Ecuación 30- Restricción 6 (Modelo B).....	61
Ecuación 31- Restricción 7 (Modelo B).....	61

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

ALE	Alimentos libres de energía
COH	Comité Olímpico Hondureño
COI	Comité Olímpico Internacional
HC	Hidratos de carbono
IO	Investigación de operaciones
JJOO	Juegos Olímpicos
MUFA	Ácidos grasos monoinsaturados
MS Excel	Microsoft Excel
OMS	Organización Mundial de la Salud
PL	Programación Lineal
PLE	Programación Lineal Entera

Atleta: Persona que practica algún deporte.

Dieta: Regulación de la cantidad y tipo de alimentos que toma una persona.

Disciplina deportiva: Son los diferentes tipos de deporte que puede practicar un atleta.

Ciclo de atleta: Son las etapas del desarrollo de un atleta. (Competencia, entrenamiento, recuperación)

Tentempié: Pequeña cantidad de comida, como refrigerio o bocado.

I. INTRODUCCIÓN

El alto rendimiento de un atleta hoy en día depende en gran medida de la dieta y la cantidad de ejercicio físico como parte del éxito a obtener medallas internacionales. Los mejores atletas dedican mucho tiempo al ejercicio, como también a una dieta balanceada ya que es sumamente importante para mantener el nivel, la intensidad y el volumen de entrenamiento para afrontar futuras competencias.

En otros países hay programas y centros de rendimiento avanzados para potenciar atletas desde muy pequeños, los potencian desde su etapa de formación hasta la etapa precompetitiva, todo esto con un amplio presupuesto asignado al deporte y al apoyo que ofrecen en cada país. En un país como Honduras donde la situación económica es muy difícil y donde los atletas tienen que subsistir con los recursos de otro trabajo y no del deporte, la dieta y el ejercicio físico de un atleta se ve influenciado por la situación que arrastra culturalmente.

Honduras nunca ha logrado una medalla olímpica en los 124 años de historia de los JJOO (Juegos Olímpicos), debido a muchos factores que impiden desarrollarse como atletas de alto rendimiento y por ende a lograr medallas olímpicas. Entre estos factores esta la dieta, el ejercicio físico, el aspecto cultural y mental.

En esta investigación se trabajará con atletas hondureños con los factores nutritivos y físicos, beneficiando a los atletas que no tienen los suficientemente recursos para poder desarrollarse físicamente, por lo cual se creará una herramienta de PLE (Programación lineal entera) donde se ingrese la disciplina deportiva, las características del atleta, y donde el modelo le proporcione un plan nutritivo y de ejercicios adecuados para mejorar el rendimiento deportivo del atleta.

La optimización de los recursos (Tiempo y Costo) es el objetivo principal de esta investigación. Todo esto mediante una recopilación de datos nutritivos y físicos, así como el estudio de los factores que atañen al deportista hondureño. Después se formulará el modelo matemático para crear la herramienta de PLE, seguido de la solución y validación del modelo mediante atletas expertos. Por último, se creará la herramienta de plan nutritivo y físico de un atleta.

A continuación, se presentará el planteamiento del problema, en donde se da a conocer las limitantes del atleta hondureño, así como la definición del problema y la justificación de este, seguido de los objetivos que orientan a la siguiente investigación, posteriormente se presenta el Marco Teórico, con el fin de detallar los conceptos aplicados para luego identificar la metodología que se utilizará en esta investigación. Luego se realizará la herramienta a utilizar, después el análisis de los resultados y por ultimo las recomendaciones y conclusiones de dicho proyecto realizado.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. PRECEDENTES DEL PROBLEMA

El deporte es un lenguaje universal en el mundo, donde niños, jóvenes y adultos lo practican día a día como rutina o como deporte profesional. Todos los deportes necesitan de infraestructura, y de apoyo de instituciones públicas y privadas para poder desarrollarse.

Jiménez (2018) afirma que:

El deporte hondureño hoy en día, no es apoyado por las diferentes instituciones gubernamentales que rigen en el país. La crisis económica que arrastra Honduras también afecta al deporte en general, el que, por falta de apoyo gubernamental y privado, "está en agonía". (p. 1)

Honduras enfrenta altos niveles de pobreza y desigualdad. Un 48.3% de las personas viven de pobreza extrema en el país y con un 60.1% de pobreza en las zonas rurales. (*World Bank*, 2020.) En estas zonas rurales son extraídos la mayor cantidad de atletas, un ejemplo es Rolando Palacios velocista olímpico nacido en Sambo Creek.

"Los problemas que tiene el deporte, hacen que el país cada vez tenga menos posibilidades de ganar medallas en competiciones regionales como los Juego Deportivos Centroamericanos, Juegos Centroamericanos y del Caribe, Panamericanos y Olímpicos. En Honduras tradicionalmente el deporte que más apoyo recibe es el fútbol, aunque las pocas medallas que el país ha logrado en competiciones internacionales en su mayoría han sido con otras disciplinas como el atletismo, natación, judo, lucha y taekwondo." (Jiménez, 2018, p. 2).

Si se toma un estadístico son 3 mundiales de fútbol de 21 disputados por la selección hondureña, esto quiere decir un 14% a lo largo de la historia de participaciones del deporte que más se apoya en el país. Y de ese 14% Honduras ha quedado en los últimos 5 puestos de dichos mundiales. (FIFA, 2020). El entrenador de la selección hondureña de Atletismo Andrés Díaz declara que los otros deportes están en decadencia, así también Salvador Jiménez presidente del COH (Comité Olímpico Hondureño) deduce que el deporte hondureño está en decadencia y carece de recursos para poder desarrollarse.

“El atleta hondureño Rolando Palacios menciona que la constante preparación física, mental y una gran disciplina dietética prepara en gran parte a un atleta, como también afirma Ricardo Escobar, además ambos concluyen que el deportista hondureño tiene muchas limitantes, que para poder destacar necesita de mucha ayuda económica para fortalecerse en el ámbito físico y nutritivo” (R. Palacios, comunicación personal, 2020)

Por lo tanto, un deportista necesita de recursos suficientes para poder desarrollarse como atleta, recursos que hoy en día como lo menciona Rolando Palacios o Salvador Jiménez no se tienen debido a la situación económica del país. Manso García (1999) menciona que, entre los principales factores para desarrollar un deportista de elite, son: Factores del genotipo, factores culturales, mentales, psicológicos, físicos y de nutrición. Por tanto, los atletas hondureños no logran obtener grandes resultados debido a estos factores que le impiden obtener logros destacados.

“La falta de recursos les impiden a los atletas hondureños de capturar los mejores nutrientes para una buena alimentación, por tanto, no se logra tener un gran rendimiento deportivos en varias disciplinas”. (R. Escobar, comunicación personal, 2020). El libro de Nutrición para deportistas menciona que la nutrición es un elemento clave de la preparación del deportista disciplinado. (Comisión Olímpica Internacional ,2012) Si no se tiene la preparación ni un plan alimenticio adecuado el deportista no podrá desarrollarse plenamente en grandes eventos deportivos.

Por lo tanto, se puede deducir que la nutrición y el ejercicio físico de alto rendimiento, además de otros factores, aumentan la probabilidad de que un atleta pueda lograr medallas regionales o incluso olímpicas. “El preparador físico Ricardo comenta que el atleta hondureño tiene muchas limitantes que cualquiera de los demás atletas de muchos países. El atleta hondureño es pobre, no tiene infraestructura de nivel, no se alimenta bien y también no logra prepararse bien físicamente ya que tiene un trabajo extra para poder mantener a su familia” (R. Escobar, comunicación personal, 2020).

Así mismo R. Escobar (2020) afirma:

Que la nutrición y el ejercicio físico combinado con resistencias, disciplina e intensidad aumenta el rendimiento considerablemente en un deportista hondureño. El deportista hondureño al tener

muchas limitantes se debe enfocar en potenciar su dieta nutritiva, así como el ejercicio físico para poder lograr medallas en juegos internacionales.

2.2. DEFINICIÓN DE PROBLEMA

En la actualidad Honduras tiene 0 medallas olímpicas y se encuentra en el lugar 36 de 42 países a nivel panamericano en el medallero en toda su historia. Todo esto debido a que los atletas hondureños no logran obtener un rendimiento competitivo debido a la situación de pobreza que viven al desarrollar sus disciplinas. Estos dedican muy poco tiempo de entrenamiento y no tienen una dieta del todo correcta debido al costo de los alimentos necesarios para el desarrollo de su cuerpo.

2.3. JUSTIFICACIÓN

Debido a la situación deportiva de Honduras mencionada anteriormente, la creación de una herramienta de asignación de alimentos y ejercicio físico ayudará a realizar un plan de ejercicios detallados, además de proveer a los atletas los alimentos necesarios reduciendo el costo del plan alimenticio todo esto para poder afrontar futuras competencias. También servirá como apoyo adicional a los preparadores físicos y entrenadores, reduciendo el tiempo de planificación del plan alimentación y de las rutinas de ejercicios básicas para cada disciplina, esto para dedicar más tiempo al desarrollo de los ejercicios de los atletas.

2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Se podrá construir un modelo de programación lineal para poder definir que alimentos debe realizar un atleta por una determinada disciplina, minimizando el costo?

¿Se logrará diseñar un modelo de programación lineal para asignar la cantidad de ejercicios que se debe realizar para cada disciplina minimizando el tiempo de ejecución?

¿El modelo matemático propuesto es válido para las diferentes disciplinas deportivas?

2.5. OBJETIVOS

2.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un plan de alimentación y de ejercicio físico minimizando el costo de implementación mediante Programación Lineal Entera.

2.5.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Construir un modelo de programación lineal de asignación de alimentos para cada tipo de disciplina.
- Diseñar un modelo de programación lineal de asignación de rutinas físicas para cada una de las disciplinas.
- Validar el modelo matemático mediante el conocimiento de preparadores físicos, nutricionista y atletas destacados.

III. MARCO TEÓRICO

Con la finalidad de comprender mejor la metodología a utilizar, de brindar un concepto más amplio de la temática para la resolución del problema, a continuación, se presentan algunos conceptos claves en la investigación:

3.1. NUTRICIÓN

3.1.1. DEFINICIÓN

Según la OMS afirma: "la nutrición es la ingesta de alimentos en la relación con las necesidades dietéticas del organismo. Una buena dieta (Una dieta suficiente y equilibrada combinada con el ejercicio regular) es un elemento fundamental de la buena salud"

Otero Lamas (2012) define a las sustancias nutritivas como: "Nutrimentos que se definen como unidades funcionales mínimas que la célula utiliza para el metabolismo y que son provistos a través de la alimentación" (p.12).

(Grande Covián, 1984, p. 35)) menciona 4 objetivos de la nutrición:

1. Suministrar energía para el mantenimiento de sus funciones y actividades.
2. Aportar materiales para la formación, crecimiento y reparación de las estructuras corporales y para la reproducción.
3. Suministrar las sustancias necesarias para regular los procesos metabólicos, y
4. Reducir el riesgo de algunas enfermedades. (p.45-46)

La alimentación, los alimentos, la dieta y la nutrición tienen papel importante en el mantenimiento de la salud y en la prevención de muchas enfermedades. (OMS)

3.1.2. ALIMENTACIÓN Y DIETA

El Profesor (Grande Covián, 1984, p. 35)) define a la alimentación como: " el proceso mediante el cual tomamos del mundo exterior una serie de sustancias (alimentos) que forman parte de nuestra dieta, son necesarias para la nutrición"

Mientras que Grande Covián, (1984) define a la dieta como: "el conjunto y cantidades de alimentos o mezclas de alimentos que se consumen habitualmente personas sanas o con los alimentos necesarios para su desarrollo metabólico"

3.1.3. COMPONENTES DE LA ALIMENTACIÓN

Carbajal Azcona (2003) menciona que existe 2 tipos de componentes alimenticios, macronutrientes y micronutrientes, estos componen globalmente la alimentación.

3.1.3.1. *Macronutrientes*

Mahan et al., (2007) define a los macronutrientes como nutrimentos que cumplen con funciones energéticas y que se encuentran en forma de polímeros como lo son:

- Hidratos de carbono: Son fuente de energía en la dieta y representan aproximadamente la mitad de las calorías totales.
- Lípidos: Constituyen aproximadamente del 20-25% de la energía de la dieta humana. La grasa o lípidos como menciona Mahan et al. (2007) es esencial para la digestión, y transporte de las vitaminas liposolubles.
- Proteínas: Son macro células que tienen nitrógeno en su estructura química. Además, las principales funciones de las proteínas en el cuerpo son que actúan como biocatalizador en el metabolismo.
- Prácticamente todos los alimentos contienen proteínas, aunque no en la misma concentración. (Carbajal Azcona, 2003).

Por lo tanto, podemos deducir que los macronutrientes forman la mayor parte de la dieta humana, los hidratos de carbono integran la mayor parte de la dieta comúnmente llamada carbohidratos, luego los lípidos donde es prácticamente la reserva energética del cuerpo y por ultimo las proteínas donde nos ayudan a regenerar las estructuras de nuestro cuerpo. Los 3 deben estar presentes en la dieta humana para garantizar el funcionamiento adecuado y el aporte de energía del organismo.

3.1.3.2. Micronutrientes

Mahan et al. (2007) afirma: "Los micronutrientes son las vitaminas y minerales, o nutrimentos inorgánicos, a diferencia de los macronutrientes, el organismo los requiere en cantidades muy pequeñas" (p. 65),

Las vitaminas se clasifican según su solubilidad:

- Vitaminas Liposolubles: A, D, E Y K
- Vitaminas hidrosolubles: Ácido pantoténico, niacina, riboflavina, o B2, ácido fólico, B12, biotina, tiamina y la Vitamina C.

En las tablas 1 y 2 se muestran las vitaminas, además de las funciones y las fuentes.

Tabla 1- Función y fuentes de las vitaminas hidrosolubles

Vitamina	Forma activa	Función	Fuentes
Ácido pantoténico	Coenzima A (ácido pantoténico +ribose + adenina + ácido fosfórico)	Transferencia de grupos acilo y acetilo	Todos los alimentos
Niacina	Nicotín adenin nucleótido (NAD)	Reacciones de óxido-reducción	Tejidos animales, tortilla y leche
Riboflavina) (vitamina B ₂)	Flavín adenin dinucleótido (FAD)	Reacciones de óxido-reducción	Tejidos animales, leche y huevo
Ácido fólico	Ácido tetrahidrofólico (ATHF)	Metabolismo en un solo carbón	Hojas verdes y vísceras
Cobalaminas (vitamina B ₁₂)	Metilcobalamina, adenosil cobalamina	Reacciones de metilación	Flora intestinal, leche y tejidos animales
Piridoxina (vitamina B ₆)	Piridoxal fosfato	Reacciones de transaminación y descarboxilación	Hígado y cereales enteros
Biotina	Acetil Co carboxilasa Propionil	Reacciones de carboxilación	Huevo, vísceras y flora

Fuente: (Mahan, Escott, Krause, Dieta terapia, p.68)

Tabla 2- Función y fuentes de las vitaminas liposolubles

Vitamina	Forma activa	Función	Fuentes
Vitamina A	Retinol, retinaldehído, ésteres de retinol	Ciclo visual, diferenciación celular y respuesta inmune	Tejidos animales y leches
Vitamina E	Alfatocoferol	Antioxidante	Aceites vegetales
Vitamina K	Menaquinona	Factor de la coagulación y la calcificación ósea	Hojas verdes y flora intestinal
Vitamina D	1-25 hidroxicolecalciferol	Absorción y metabolismo del calcio, mineralización, contracción muscular y respuesta inmune	Tejidos animales, especialmente hígado. En presencia de luz ultravioleta, síntesis en la piel

Fuente: (Mahan, Escott, Krause, dieta terapia, p.68)

El consumo de micronutrientes es importante para la dieta humana, en la adolescencia, los micronutrientes fundamentales son el calcio, hierro, vitamina C y el folato. Al igual que en la edad adulta. Las vitaminas C y E son muy importantes en esta fase. (FAO, s. f.)

3.1.4. DISCIPLINAS EN EL ÁREA DE NUTRICIÓN

Sánchez Samayoa (2004) nos menciona: “La nutrición es una rama de la medicina, y además la nutrición existen muchas subramas en las que están: Bromatología, Dietética, Procesos alimentarios, Servicios de alimentación, Nutrición poblacional, nutrición clínica, Tecnología de alimentos y la nutrición deportiva” (p.12)

La que se abordará en la investigación es la nutrición deportiva, con esto como objetivo, saber la cantidad de nutrientes que debe tener un atleta.

3.2. NUTRICIÓN DEPORTIVA

3.2.1. DEFINICIÓN

(Olivos et al., 2012) afirma: “La nutrición deportiva es una rama especializada de la nutrición aplicada a las personas que practican deportes de diversa intensidad. Donde el objetivo de la nutrición deportiva es cubrir todas las etapas del atleta desde el entrenamiento, la competición, la recuperación y el descanso.” (p. 253)

3.2.2. MACRONUTRIENTES EN DEPORTISTAS

3.2.2.1. *Hidratos de carbono*

Los hidratos de carbono son considerados como la columna vertebral. También menciona que en todo el mundo suelen suponerse aproximadamente la ingesta total diaria, donde hay estudio que demuestran que los mejores deportistas del mundo consumen dietas altas de carbohidratos. (Comisión Olímpica Internacional, 2012)

(Olivos et al., 2012) mencionan que los HC son el principal combustible para ejercicios de mediana y alta intensidad.

(Olivos et al., 2012) como también (Rosenbloom, 1993) afirman que la estimación de la cantidad de HC en la dieta de un deportista no debe ser estimada de acuerdo a las calorías totales de la dieta sino que debe ser estimada al peso corporal. Esto será tomado en cuenta para realización del modelo de PL.

(Rosenbloom, 1993) En función de horas los gramos de HC en ejercicios en la etapa de entrenamiento recomendados son:

- 1 hora/día = 6-7 gr. de HC/kg de peso
- 2 horas/día = 8 gr. de HC/kg de peso
- 3 horas/día = 9 gr. de HC/kg de peso
- 4 horas/día = 10 gr. de HC/kg de peso (Rosenbloom, 1993)

Mientras tanto en la investigación del libro del COI nutrición y deportes en la ilustración 3 nos muestra la cantidad de HC recomendada.

Tabla 3- Cantidad de carbohidratos dependiendo de la carga de entrenamiento

Carga de entrenamiento		Objetivos de ingesta de hidratos de carbono (g por kg de peso del deportista)
Ligera	Baja intensidad o actividades de destreza	3-5 g/kg/día
Moderada	Programa de ejercicio moderado (ej., ~1 hora diaria)	5-7 g/kg/día
Alta	Programa de resistencia (ej., 1 a 3 horas diarias de ejercicio de intensidad moderada a alta)	6-10 g/kg/día
Muy Alta	Dedicación muy intensa (ej., un mínimo de 4 a 5 horas diarias de ejercicio de intensidad moderada a alta)	8-12 g/kg/día

Fuente:(Comisión Olímpica Internacional, 2012)

La cantidad de gramos de HC en ejercicios en la etapa previa a la competencia, el artículo de nutrición y deportistas de COI recomienda que se debe hacer un aumento progresivo de HC, pero solo una hora de entrenamiento, donde la cantidad de HC/kg de peso corporal debe ser de 7 a 10 gramos.

3.2.2.2. *Proteínas en un deportista*

Los factores determinantes para abastecerse de proteínas en los deportistas son el tipo de deporte, la intensidad del ejercicio, la frecuencia de entrenamiento y la ingesta energética a través de la dieta. (Phillips et al., 2007)

Phillips et al. (2007) recomienda la ingesta de proteínas según el tipo de entrenamiento;

- Entrenamiento de fuerza, etapa de mantenimiento: 1.2 – 1.4 gr/kg de peso corporal
- Entrenamiento de fuerza, etapa de aumento muscular: 1.8 – 2.0 gr/ kg de peso corporal
- Entrenamiento de resistencia: 1,4 - 1,6 gr de proteínas/kg de peso corporal.
- Actividades intermitentes de alta intensidad: 1,4 - 1,7 gr de proteínas/ kg de peso corporal.
- Recuperación posejercicio: 0,2 - 0,4 gr/kg de peso corporal.

La ingesta de proteínas es muy importante para los deportistas ya que les ayudan a regenerar las estructuras de nuestro cuerpo.

3.2.2.3. Lípidos en deportistas

Se aconseja que los deportistas consuman entre un 20-30% de las calorías del día como grasas. Esto debe permitirles cubrir las necesidades de ácidos grasos esenciales. Se aconseja que la comida previa a la competencia sea baja en grasa. (*El instituto de Medicina, Junta de Alimentos y Nutrición, 2005*)

3.2.3. MICRONUTRIENTES EN DEPORTISTAS

(Rodríguez & Pasquetti, 2004, p. 182) afirman que los micronutrientes están involucrados en muchos procesos metabólicos por lo que juegan un papel importante en el ejercicio. Los atletas aumentan las pérdidas de micronutrientes por varios mecanismos, como son el sudor de las competencias, así como la orina.

Se muestra en la siguiente tabla la clasificación de vitaminas y suplementos que puede un atleta ingerir en una preparación.

Tabla 4 - Suplementos requeridos y aprobados por la comisión olímpica

Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
Aprobado	En evaluación	Beneficio no claro	Prohibido
Líquidos	Glutamina	Aminoácidos (no de la dieta)	Androstenediona
Comidas líquidas	Hidroximetil-Butirato (HMB)	Ginseng	Norandrostenediol
Gel, barras	Calostro	Cordyceps	DHEA
Cafeína	Pro biótico	Inosina	Testosterona
Creatina	Ribosa	Coenzima Q 10	<i>Tribulus Terrestris</i>
Bicarbonato	Melatonina	Citocromo C	(testosterona de origen natural)
Vitamina C y E		Carnitina	Efedra
Zinc y Vitamina C		Polen abeja	Estricnina
Multivitamínicos		Picolinato de Cromo	
Fierro		Piruvato	
Calcio		Vitamina B 12 (inyectable)	
Glicerol		Agua oxigenada	
Electrolitos (reemplazo)			
Glucosamina			

Fuente: (Australian Institute Sport, 2006)

La dieta deportiva es un factor fundamental para el aumento del rendimiento deportivo en cada disciplina, el atleta se debe nutrir de manera correcta, consumiendo los alimentos necesarios, divididos ya sea macro o micronutrientes todo esto para que en la competencia esos nutrientes junto al ejercicio físico de alto rendimiento logren complementar a un atleta de un gran rendimiento deportivo.

3.3. EJERCICIO FÍSICO

3.3.1. DEFINICIÓN

La OMS define el ejercicio físico como: "una variedad de actividad física planificada, estructurada, repetitiva y realizada de un objetivo relacionado con la mejora o el mantenimiento de uno o más componentes de la aptitud física"

3.3.2. DEPORTE

(UNESCO, s. f.) define al deporte como:

Una actividad específica de competición, en la que se valora intensamente la práctica de ejercicios físicos con vistas a la obtención, por parte del individuo del perfeccionamiento de las posibilidades morfo, funcionales y psíquicas, concretadas en un récord, en la superación de sí mismo o de un adversario.

(Pettiti, 1999, p. 18) define: "el deporte profesional aquel que se realiza una persona con el fin de llegar a un objetivo de gran valor, ya sea un mundial, una olimpiada etc." (p.18)

3.3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS DEPORTES

Pettiti (1999) clasifica el deporte en 2 ramas:

- Deportes individuales: Boxeo, esgrima, halterofilia, tiro con arco, judo, triatlón, lucha olímpica, tiro deportivo, atletismo, taekwondo, natación.

- Deportes en conjunto: Waterpolo, polo, fútbol, hockey, básquet, vóley, beach vóley, béisbol, softbol, rugby, handbol, ballet acuático, natación: carrera de relevos.

En la investigación se trabajará con deportes individuales, ya que se está trabajando con atletas individuales. Así la validación de las dietas individuales y preparación física se asignará a solo una persona dependiendo de las características corporales del individuo.

La comisión olímpica internacional divide a los deportes dependiendo del tipo de ejercicio que ejercen, entre ellos están:

- Deportes de fuerza: En estos deportes el atleta debe de demostrar su fuerza de diferentes formas, como lo son: Halterofilia, Levantamiento de pesas, lanzamiento de peso, pruebas de velocidad, 100 m a 200m.
- Deporte de potencia: En estos deportes los atletas tratan de generar la mayor potencia con el menor peso corporal. Entre estos deportes están: Carrera de medio fondo, ciclismo de pista, remo, piragüismo, kayak y natación.
- Deportes de resistencia: El éxito de estos deportes es mantener la capacidad del rendimiento físico a lo largo de periodos prolongados, como lo son: Maratón, triatlón y ciclismo en carretera.
- Deportes estéticos y categoría de pesos: Patinaje artístico, gimnasia, buceo, deportes de combate, remo de peso ligero.

En cada uno de estos deportes el ejercicio y entrenamiento físico basado en resistencia, intensidad, fuerza y velocidad es muy importante, cada deporte tiene su categoría y por ende se debe fortalecer aún más para aumentar el rendimiento en una competencia.

3.3.4. CICLOS DEL ATLETA

Los atletas tienen etapas como desarrollo para una competencia, tanto los deportes de fuerza, de habilidad, de potencia o resistencia, tienen ciclos, como los que se detallan a continuación:

1. Ciclo de desarrollo: Esta etapa es cuando el atleta se desarrolló en las habilidades de cada deporte, este ciclo comprende en edades tempranas del atleta

2. Ciclo de entrenamiento: Es la etapa de preparación de los ejercicios para desarrollar sus habilidades como atleta. Generalmente es el ciclo más largo del atleta.
3. Ciclo de precompetencia: Es la etapa más importante de un atleta ya que es la preparación para la competencia, donde el ejercicio aumenta y se debe desarrollar al máximo las habilidades.
4. Ciclo de competencia: Esta etapa comprende las semanas que compite o juega cada atleta.
5. Ciclo postcompetencia: Es el ciclo donde el atleta termina su competencia y debe de tomar reposo para recuperar fuerzas.
6. Ciclo de recuperación: Esta se diferencia de la postcompetencia ya que el atleta realiza ejercicios, pero no con tanta intensidad como el ciclo de entrenamiento. (Lowes. D, 2011)

3.4. INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

El ser humano siempre tiende a mejorar cada día las cosas, como de llevar consigo herramientas que le ayuden tanto a mejorar las cosas como de hacer la vida más fácil. La investigación de operaciones es esa herramienta que proporciona tanto modelos como técnicas que le ayudan a las personas a resolver los problemas con una solución acertada.

Hoy en día tanto empresas como personas utilizan investigación de operaciones no solo para mejorar las "operaciones" dentro de una empresa, sino para resolver problemas cotidianos buscando una solución óptima. El objetivo de la investigación de operaciones esta buscar el mejor resultado de las múltiples opciones posibles, con esto pretendiendo optimizar recursos donde pueden ser: Capital, Recursos humanos, tecnología, materiales, información etc. (Taha, 2012)

3.4.1. Definición

(Churmann et al., 1978) menciona:

La investigación de operaciones es la aplicación, por grupos disciplinarios interdisciplinarios, del método científico a problemas relacionados con el control de las organizaciones o sistemas (hombre – maquina). A fin de que se produzcan soluciones que mejor sirvan a los objetivos de la organización. (p.10)

(Taha, 2012) define a la investigación de operaciones como una ciencia o arte que determina la mejor solución tomando en cuenta las restricciones, y las variables de decisión para obtener una solución óptima.

Tanto para encontrar el camino óptimo, o para encontrar la solución para ciertos objetivos, se debe desarrollar un estudio de investigación de operaciones mediante varios pasos, comenzando con una observación minuciosa y la formulación del problema, en la cual incluye la recolección de datos, luego sigue la construcción del modelo matemático para captar la esencia del problema para dar con la solución, , luego de esto se realizan los experimentos para verificar si el modelo es correcto, y por último se aplica y se implementa el modelo para establecer las mejoras en el sistema. (Lieberman & Hillier, 1995)

Por lo tanto, ya conociendo todos los pasos dados a conocer anteriormente, y como se desarrolla un estudio de investigación de operaciones, esta investigación se adaptará a estos pasos para tener un mayor asertividad en el estudio.

3.5. MODELO MATEMÁTICO

(Lieberman & Hillier, 1995)) mencionan que donde se capta la esencia del problema, es el modelo matemático. La investigación de operaciones se apega al modelo matemático para la solución de los problemas. Este modelo es la representación real de todo el problema, y con esto como objetivo dar con la solución óptima del problema.

3.5.1. DEFINICIÓN

(Maldonado, 2013, p. 115)) afirma: "Que el modelado matemático es la representación de algún aspecto a la realidad por medio de expresiones algebraicas, es una simplificación por medio de ecuaciones de un objeto o un fenómeno de la realidad. (p. 115)

El proceso de elaboración de un modelo matemático es extraer los datos del problema, luego formular el modelo, después sacar conclusiones matemáticas y con esto una prueba para ser implementada en el sistema. (Gerda de Vries, 2001)

Por lo tanto, un modelo matemático es la representación básica de un comportamiento de un sistema, utilizando los conocimientos algebraicos por medio de variables, con esto conocer la función objetivo del sistema, que estará sujeta a restricciones y de ahí mediante esto encontrar la solución del sistema.

En una investigación realizada por Melkonian (2019), consideraron crear un modelo matemático para optimizar un tipo especial de entrenamiento en circuito, el objetivo del modelo era minimizar la cantidad de tiempo en el circuito mientras se logran objetivos de entrenamiento. Todo esto basado en un modelo matemático para poder encontrar la solución óptima de la investigación.

3.5.2. VARIABLES DE DECISIÓN

3.5.2.1. *Definición*

Según J. Ruz (S.F) las variables de decisión representan los elementos del sistema a modelar que son controlables por el decisor.

En la investigación realizada por Melkonian (2019) para el modelo propuesto para la investigación de optimizar el tiempo total del circuito, realizando la mayor cantidad de ejercicios, la variables de decisión, en este caso eran binarias; 1 si el ejercicio es incluido en el circuito, por lo tanto 0 si no es incluido en el circuito.

También en un estudio de la aplicación de la programación lineal para optimizar el costo de una dieta balanceada, (Melo & Gutierrez Ascón, 2018) determino 3150 variables de decisión en el estudio era los insumos de los alimentos, la cantidad de Kg para cada alimento. Estas variables de decisión eran insumos en el almacén de dicha investigación, como Arroz, maíz, harina de pescado, soya y cebada, cada una en proporciones diferentes cantidades de peso y costo.

En una investigación realizada en la escuela agrícola panamericana, en el estudio de planificación, control de tiempos en la producción y maximización de la utilidad, Artiga definió como variables

la cantidad de insumos utilizados para la elaboración de un quintal, como el turno de trabajo, y el tiempo de producción. (Artiga, 2006)

Las variables de decisión son las que pueden variar en el modelo, pueden tener múltiples valores y pueden variar con el tiempo. Estas variables son las que modifican la función objetivo, pueden ser variables binarias (1 si sucede, 0 de lo contrario), fracciones ($\frac{1}{4}$ kg de papa) o variables enteras.

3.5.3. FUNCIÓN OBJETIVO

Hillier & Lieberman (2015) afirman: "La función objetivo es la medida de desempeño adecuada se expresa como una función matemática de las variables de decisión" (P.10)

Un paso crucial en la formulación del modelo de Investigación es la construcción de la función objetivo, donde requiere desarrollar una medida cuantitativa del desempeño asociado a cada objetivo. (Hillier & Lieberman, 2015)

Ruz (s.f) la define en simples palabras: se trata de la función que mide la calidad de la solución, y que hay que optimizar (maximizar un beneficio o minimizar un costo)

En el estudio de optimización de la dieta para agrandamiento muscular hipertrófico en atletas (Magdic et al., 2013) la función objetivo del modelo era reducir el costo de plato de comida de cada tiempo en los atletas, mejorando la cantidad de nutrientes para aumentar el rendimiento hipertrófico de los atletas croatas.

Mientras que Montenegro (2019) en su estudio "Programación lineal como herramienta para cumplir con los requerimientos nutricionales utilizando la Canasta Básica de Alimentos de Honduras" definió como función objetivo minimizar la cantidad de gramos de alimentos consumidos por día. Así como también (Kurtantek, 2011) realizó una metodología similar en su estudio, "Optimización de la composición diaria de nutrientes de las ingestas diarias durante la gestación", donde la función objetivo era minimizar la cantidad de gramos, así mismo minimizando el costo de los nutrientes, obteniendo los insumos necesario en la gestación por día.

Todos estos autores en síntesis en sus investigaciones se llegan a una idea principal: aumentar o mantener el nivel de nutrientes, minimizando el costo. La función objetivo es lo que si quiere minimizar o maximizar en el modelo matemático el problema abordar.

3.5.4. RESTRICCIONES

3.5.4.1. *Definición*

Carro (2009) Define: "restricciones son inequaciones lineales en el modelo, donde viene impuesto por las limitaciones, disponibilidades o necesidades que pueden ser inferiores o mayores de diversos casos" (P.65).

Mientras (Hillier & Lieberman, 2015) afirman que : "Estos términos matemáticos son todas las limitaciones que se imponen sobre las variables de decisión"

Tal es el caso en el estudio de (Magdic et al., 2013), definió como restricciones que debía consumir una cierta cantidad de agua, energía, como de proteínas, además de actividad física, por ejemplo, un atleta de halterofilia debe realizar actividad física 5 veces por semana, 2.6 gramos de proteína por kilogramo de masa. Además de 345 a 420 gramos al día de carbohidratos, así como la restricción de costos entre otras restricciones.

Así también se aplicaron restricciones similares en el estudio de Sichieri et al. (2019) "en el estudio de planificación de mejoras dietéticas sin costos adicionales para personas de bajo ingreso en Brasil", las restricciones eran la cantidad de gramos de nutrientes, como también la cantidad de energía, cantidad de alimentos, además el costo total de la dieta. A diferencia del estudio pasado, son varias funciones objetivo como primero minimizaron la diferencia relativa entre a cantidad de alimentos, luego se optimizó la cantidad de nutrientes y por último se minimizo la cantidad de alimentos.

Las restricciones pueden variar en diferentes investigaciones, así como(Sichieri et al. (2019) utilizó la cantidad de energía requerida, (Montenegro, 2019) define la cantidad de vitamina requerida, cada estudio o proyecto puede contener de cienes a miles de restricciones , esto dependerá del alcance de la investigación y que tan preciso se requiere la investigación con los objetivos a

cumplir. En la investigación se intentará determinar la mayor cantidad de nutrientes definidos por las restricciones maximizando el rendimiento de un atleta.

3.5.4.2. *Restricciones Suaves*

Luenberger (1989) sobre las restricciones suaves argumenta que son problemas sin restricciones añadiendo a la función objetivo un término de penalización, esto como manera de adecuar al sistema donde se quiere llegar.

En muchos casos sirven como un mejor criterio para la selección o adecuación de una mejor solución.

3.5.4.3. *Restricciones Fuertes*

Luenberger (1989) afirma que las restricciones fuertes son aquellas que debe satisfacerse para que todas las restricciones y la función objetivo tengan sentido.

En el estudio de (Magdic et al., 2013) habían una serie de restricciones exigidas o restricciones fuertes, como son las acciones energéticas y nutricionales. Como también concordaron Dundek (2001) y Matijevic (2011).

Entre otras restricciones fuertes en esta investigación están:

- Cantidad de energía en la oferta diaria
- Cantidad de proteínas consumidas
- Cantidad de grasas consumidas
- Cantidad de MUFA, PUFA, colesterol, carbohidratos, fibras dietéticas.
- Cantidad de diversos elementos (K, Ca, Mg, Fe, P, Vitaminas, B1)

Dentro de las restricciones suaves están:

- Cantidad de agua consumida
- Cantidad de porciones en el menú

3.6. PROGRAMACIÓN LINEAL

En la investigación de operaciones no se tiene una sola técnica general para resolver los modelos matemáticos. (Taha, 2012)

Taha (2012) afirma: "la técnica más importante de investigación de operaciones es la programación lineal, donde esta se diseña para modelos con funciones objetivos y restricciones estrictamente lineales. Esta técnica se aplica en variedad de casos, en campos de agricultura, industria, transporte economía, salud ciencias sociales"

En el campo de alimentos la programación lineal sirve de mucho para resolver los modelos matemáticos, tal es el caso en el estudio de Soto Silva & Reinoso Ortiz (2004), donde propusieron un estudio un modelo de programación lineal para formular raciones de comida al mínimo costo que contempla la sustitución de suplemento.

Así también se utilizó una metodología similar en la investigación de la producción de alimentos de (Galindo, s. f.) donde utilizó programación lineal para desarrollar alimentos que cumplan con los requisitos nutricionales propios de cada especie.

Por otro lado (Melkonian, 2019) en su estudio de modelo de optimización para programar ejercicios utilizaron programación lineal, pero también afirman que no existen resultados previos sobre el uso de programación lineal para la programación de ejercicios.

3.6.1. DEFINICIÓN

Hillier & Lieberman (2015) define a la programación lineal como un modelo matemático para describir el problema. E indica que programación no se refiere a términos computacionales, sino que es sinónimo de planeación.

Por lo tanto, la programación lineal involucra la planeación de actividades para poder encontrar un resultado óptimo.

Básicamente la programación lineal es una técnica que se utiliza para encontrar la solución óptima de un problema, dependiendo del caso sería maximizar o minimizar la función objetivo, donde esta función esta sujeta a restricciones que son ecuaciones o inecuaciones lineales, para dar con una solución objetiva del problema.

3.6.2. PROGRAMACIÓN LINEAL ENTERA

3.6.2.1. *Definición*

Hillier & Lieberman (2015) definen a la programación lineal entera como: "Es la formulación del modelo de programación lineal con la restricción adicional de que las variables deben tener valores enteros". (p.428)

(Melkonian, 2019) en su estudio de programación de ejercicio utilizó programación lineal entera como técnica de modelado, ya que tenían como restricciones que fueran variables enteras y que la asignación en la secuencia de ejercicios fueran números enteros y no fraccionarios.

Por lo tanto, podemos definir como programación entera, a un tipo de programación lineal donde las variables tienen como restricciones valores enteros.

3.6.2.2. *Programación lineal entera binaria*

(Escobar et al., 2012) afirma: "La programación lineal entera binaria es un método perteneciente a la programación lineal, por lo que su base es un algoritmo matemático que tiene como finalidad resolver un problema indeterminado donde sus variables son binarias" (p.87)

En este tipo de programación las investigaciones tienen a ser problemas de asignación o de distribución, donde están enfocadas en asignar o no una cosa.

3.6.2.3. *Programación lineal entera mixta (PLEM)*

La programación lineal entera mixta es el tipo de programación donde solo es necesario que algunas de las variables tengan valores enteros y las demás variables puedan ser fracciones. (Hillier & Lieberman, 2015)

Melilla (2012) en su estudio utilizó PLEM en el estudio de la cantidad de kg de varios nutrientes que debe consumir un animal al día.

LA PLEM se puede aplicar a muchos casos prácticos hoy en día, dado es el caso de asignación de dieta donde se trabaja con medidas de peso, dado que son medidas reales, se utiliza PLEM para dar con un resultado más apropiado.

3.6.3. PROBLEMA DE LA DIETA

(Castillo et al., s. f.) afirman que el problema de la dieta consiste en determinar las cantidades de distintos nutrientes que deben ingerirse para asegurar ciertas condiciones de nutrición y minimizar el costo de la compra de nutrientes.

Tal como lo usaron (Magdic et al., 2013) en su estudio modelos de optimización de la dieta donde obtuvieron la cantidad de menú semanal reduciendo el costo así como también aplicando el mismo Deb, K (2001) en su estudio nutrición macrobiótica , para desarrollar musculo donde determino la cantidad de proteínas y grasas para poder tener un gran rendimiento deportivo.

En estos casos de estudio de problema de la dieta, se debe conocer los contenidos nutritivos de ciertos alimentos, además de su precio y utilidad, como la cantidad mínima diaria de nutrientes aconsejados.

3.7. SOLUCIÓN

Seguido del modelo matemático que es la representación del problema real, y la programación lineal que es el método resolución, se encuentra la solución. Existen diferentes técnicas de la resolución de problemas, así como diferentes programas que permiten encontrar una solución óptima de un problema, lo cual puede variar dependiendo de la complejidad y la cantidad de variables y restricciones en un modelo matemático.

3.7.1. SOLUCIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Existen muchos softwares para la resolución de estos modelos matemáticos, generalmente se realizan mediante una computadora por la facilidad de asimilar la gran cantidad de variables y restricciones. Como lo menciona (Hillier & Lieberman, 2015) las opciones de software para resolver estos modelos son Excel (Excel Open Solver) , LINGO/LINDO, MPL/CPLEX estos contienen un algoritmo para resolver modelos de programación lineal y mixta .

Taha también propone el uso de algunos softwares como lo son: TORA, Excel Solver, AMPL y LINGO.

En la investigación del modelo de programación de ejercicios (Melkonian, 2019) utilizó el modelo AMPL, mientras que (Montenegro, 2019) en su estudio de una herramienta para cumplir con los requerimientos nutricionales, la solución lo realizó mediante Solver de Excel, mientras tanto los croatas (Magdic et al., 2013) En su investigación de análisis de optimización de la dieta de un atleta de halterofilia utilizaron una comparación y análisis de sensibilidad entre 2 programas, LINDO y Solver de Excel donde conclusión ambos datos de cada software mediante análisis de varianza consideraron que eran estadísticamente iguales.

Por lo tanto, existen muchos softwares para la resolución de los modelos matemáticos, de modelos simples a modelos complejos, por la complejidad del modelo y mediante un análisis de estas investigaciones anteriormente, el modelo o software que se utilizará en este proyecto es Open Solver.

3.8. OPEN SOLVER

3.8.1. DEFINICIÓN

Mason (2010) de los creadores de open solver define esta herramienta; "Como un complemento de Excel que permite resolver los modelos de programación lineal y entera"

3.8.2. DIFERENCIA DE SOLVER Y OPEN SOLVER

Solver es un complemento ya adquirido en MS Excel, la diferencia con el Open Solver es que para resolver métodos matemáticos Solver tiende a ser pequeño con la cantidad de restricciones y variables que puede contener un modelo. Es por eso descargar el complemento de OpenSolver no habría restricción en la cantidad de variables en el sistema como en la complejidad de este.

3.9. OPTIMIZACIÓN

3.9.1. DEFINICIÓN

(Ackoff. R.L & Sasieni M, W, 1978) nos menciona que la optimización puede considerarse como la búsqueda de la mejor solución de un problema, comúnmente llamada solución óptima.

La optimización de recursos, costos, tiempos son muy importantes en la vida cotidiana, tanto que Parvathy Mohan, (2011) en su investigación diseño de dieta optimizado mediante programación lineal , menciona que la optimización de costos de las dietas fue un problema que incluso hasta un premio Nobel se ganó George Stigler cuando optimizó 15 artículos de 77 alimentos principales y donde cumplió con todos los requisitos básicos nutritivos según las pautas del Consejo Nacional de Investigación.

En este artículo (Parvathy Mohan, 2011) buscaba optimizar la cantidad de nutrientes , maximizar la cantidad de proteínas, vitamina A, hierro y calcio.

En la investigación de (Lameiras et al., 2014) realizaron un estudio de incorporación de una rutina para la optimización del rendimiento deportivo, donde optimizaron el rendimiento de un jugador de fútbol aplicando programación lineal para una rutina de lanzamientos de tiros libres.

La optimización es muy importante para poder lograr la solución deseada, como maximizar rendimiento, como minimizar costo en la investigación, también maximizar la cantidad de nutrientes, con esto estaríamos optimizando nuestros recursos para dar con la mejor solución y así poder lograr los objetivos deseados.

3.10. VALIDACIÓN DEL MODELO

(Taha, 2012) comenta que "La validez del modelo comprueba si el modelo propuesto hace en realidad lo que dice que hace, es decir, ¿predice adecuadamente el comportamiento del sistema que se estudia?" (p.10).

(Hillier & Lieberman, 2015) mencionan que después que se tengan las soluciones se llevan a cabo experimentos adecuados para probar esta hipótesis, para modificarla si es necesario y para verificarla esto se conoce como validación del modelo.

(Magdic et al., 2013) para la validación de modelo de atletas hipertróficos se consultaron a estos atletas los valores de las dietas nutricionales para su ejercicio donde consideraron que ambos menús estaban de acuerdo con las capacidades financieras, así como en el horario y las obligaciones.

Mientras tanto en el tema de ejercicios la investigación de (Lameiras et al., 2014) para la validación del modelo de optimización de lanzamientos de tiros libres, verifico su modelo en la práctica del atleta, como también en la experiencia del entrenador. Ambos datos arrojados dieron que el modelo era correcto.

La validación es el último paso para poder crear la herramienta de esta investigación, al tener una solución factible en el modelo y que se convierta en una solución real y optima en la realidad considera que la investigación fue provechosa. En este proyecto se validará que la dieta establecida en el modelo sea la correcta para los diferentes atletas, así como la rutina de ejercicios sea la indicada para cada disciplina para que así se obtenga mejores rendimientos para lograr posibles

IV.METODOLOGÍA

4.1.ENFOQUE

Esta investigación se realizó mediante un enfoque mixto. Así como lo menciona (Hernández Sampieri et al., 1997) el enfoque mixto surge como la necesidad de afrontar la complejidad de los problemas de investigación de manera holística. Y también menciona donde aquí el investigador utiliza técnicas de los enfoques cuantitativos y cualitativos.

El proceso de esta investigación como lo menciona Ortega (2018) implica una recolección, análisis de datos cualitativos y cuantitativos. Este informe contiene tanto información cuantitativa como cualitativa, en el entorno cuantitativo está orientado al desarrollo del modelo matemático a la recolección de datos y a la cantidad de macro y micronutrientes que debe poseer un atleta, además de la cantidad de calorías y ejercicio físico que debe realizar un atleta. Mientras tanto en el enfoque cualitativo se encuentra la validación de este modelo donde se determinó por la experiencia y opiniones de expertos como los preparadores físicos, entrenadores, y atletas destacadas.

Esta recolección de datos cuantitativa y cualitativamente da como resultado que el enfoque de este proyecto es mixto.

Debido a que este proyecto es una investigación específica a un problema abordado, por lo que esta investigación se desarrolló bajo un estudio de caso. Los estudios de casos analizan problemas específicos, lo que permite que el análisis sea más profundo y los datos sean representativos (Monroy Cornejo, 2009).

4.2. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

- Disciplinas: Son los diferentes deportes que intervienen en la investigación.
- Tipos de ejercicio: Son los ejercicios que varían en la preparación física (Intensidad, Fuerza, Velocidad, Resistencia)
- Cantidad de nutrientes: Cantidad de nutrientes que se le proporcionara a cada atleta.
- Tiempos de comida: Cantidad de tiempos de comida que debe consumir un atleta de diferentes disciplinas.
- Tiempo de ejercicio: Cantidad de tiempo de cada ejercicio de un deportista.
- Costo: Costo del menú de cada día.

4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

4.3.1. TÉCNICAS

4.3.1.1. Programación Lineal Entera:

Se utilizó para poder desarrollar el modelo matemático del problema, mediante esto se definieron las variables, restricciones y la función objetivo.

4.3.1.2. Entrevistas

Se realizaron entrevistas a preparadores físicos, entrenadores, atletas para conocer la situación actual del deportista hondureño como también se le entrevisto acerca de la validación del modelo mediante su experiencia en el campo.

4.3.2. INSTRUMENTOS

4.3.2.1. Microsoft Excel

Microsoft Excel o MS Excel fue utilizado para poder crear la matriz de asignación de nutrientes y ejercicio físico, así como también para el almacenamiento de datos de los diferentes nutrientes de las diversas disciplinas de esta investigación.

4.3.2.2. *Open Solver*

Open Solver es un complemento de MS Excel donde se utilizó para la resolución del modelo de optimización.

4.3.2.3. *Base de Datos*

Se utilizó Proquest, ResearchGate, Redalyc, OMS, artículos de la COI, para la revisión de literatura que apoyara al informe, así como la recopilación de datos e información que sustentaran la investigación.

4.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Se utilizará un muestreo no estadístico por conveniencia, ya que este, es utilizado para crear una muestra de acuerdo con la facilidad de acceso de la información. Por lo tanto, se utilizó es tipo de muestreo ya que no se contienen datos de todos los preparadores, atletas y nutricionistas en todo el país. Se entrevistó a preparadores físicos conocidos, atletas destacados y nutricionistas de la Universidad, todo esto para validar el resultado del modelo creado. También se utilizó este muestro por conveniencia para determinar los 65 alimentos que se consideró, así como la cantidad de ejercicios utilizados en el modelo.

4.5. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Con el objetivo de diseñar un plan nutritivo y una rutina de ejercicios para mejorar el rendimiento de un atleta , primero se realizó una recopilación de datos mediante entrevistas de preparadores físicos y entrenadores, donde se llegó a conocer : limitantes y los factores que le impiden a un deportista destacarse a nivel internacional, las disciplinas deportivas que están en decadencia en Honduras, los ejercicios físicos que realizan actualmente, como además de la mala nutrición de los atletas debido a su condición económica.

Luego a eso mediante investigación en base de datos como Proquest, ResearchGate y Redalyc se realizó la revisión de literatura para conocer investigaciones hechas en otros países para así conocer más a fondo el problema y la metodología de resolución de estas investigaciones. Después, mediante base de datos de la OMS, libros de nutrición y deporte de la COI, además de

artículos de nutrición deportiva, sirvieron de apoyo para la recolección de datos de los nutrientes necesarios para cada atleta de diferentes deportes, así como los ejercicios necesarios para que un atleta pueda desarrollarse en una competencia internacional.

Una vez obtenida la información necesaria se creó el modelo de programación lineal entera utilizando Excel donde se integra la cantidad de nutrientes y ejercicios físico como un solo modelo. Luego de esto se determinó las variables, la nomenclatura y seguidamente la creación del modelo para determinar la solución del problema en MS Excel, con la ayuda del complemento de Open solver para optimizar la cantidad de nutrientes y ejercicio físico del deportista.

Después de obtener los resultados pertinentes se realizó la validación mediante atletas destacados y nutricionistas para validar correctamente el modelo.

4.6. METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

Con el propósito de sustentar la investigación, se realizó un estudio de validación de preparadores físicos con experiencia, entrenadores, atletas, y nutricionistas donde validaron el modelo matemático de nutrición y de ejercicio físico. Todo esto para validar las dietas y rutinas que ellos realizan actualmente, así como el análisis nutritivo y costo de la dieta que consumen hoy en día, como al análisis nutritivo y el costo del modelo generado.

En la validación los preparadores físicos analizaban la cantidad de intensidad, fuerza y resistencia de cada uno de los ejercicios generados por el sistema, así como los entrenadores, visualizando que tanto podría mejorar en la rutina de un atleta y si comprende los ejercicios necesario que debería ejercer un atleta en su disciplina, mientras tanto el atleta podrá validar y observar el consumo de la dieta actual a la mejorada, así como el costo del consumo de su nuevo plan alimenticio, validado por los nutricionistas.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL

Para efectos de proyecto se realizaron dos modelos matemáticos diferentes para la asignación de alimentos (modelo A) y la asignación de rutinas básicas de ejercicios (Modelo B) para tres disciplinas deportivas diferentes, por lo tanto, serán seis submodelos en total como lo muestra la siguiente ilustración:

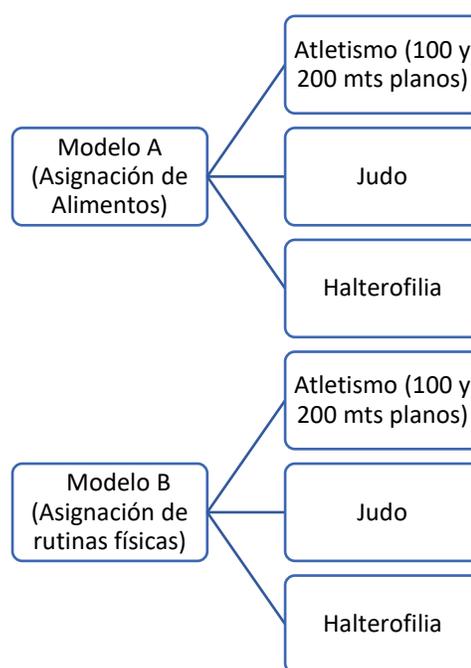


Ilustración 2- Clasificación de los modelos

Fuente: (Elaboración propia)

Todos estos modelos tanto de rutinas físicas y asignación de alimentos se consideró los siguientes elementos:

- Tipos de disciplina
- Tipos de ciclo del atleta
- Cantidad de tiempos de comida
- Cantidad de días de cada ciclo
- Cantidad de grupos de los alimentos

- Cantidad de gramos en una porción de cada alimento
- Cantidad de nutrientes de cada alimento
- Costo de los alimentos
- Tipos de ejercicio
- Tiempo de ejercicios
- Cantidad de calorías en cada tipo de ejercicio
- Cantidad de días de cada submodelo

5.1.1. TIPOS DE DISCIPLINA

En la actualidad existen 5 grupos de disciplinas que incluyen alrededor de 36 disciplinas olímpicas por la cual un atleta hondureño puede optar a competir. Se analizó la clasificación de las disciplinas y la cantidad de atletas que han logrado clasificarse para los JJOO que se ilustran en la tabla 5. Esta tabla determina la cantidad de atletas hondureños clasificados a los JJOO desde Barcelona 92' en cada una de sus disciplinas.

Tabla 5-Clasificación histórica de atletas hondureños en los JJOO

Clasificación de los deportes		Participación de atletas hondureños en JJOO								
		Rio 2016	Londres 2012	Beijing 2008	Atenas 2004	Sídney 2000	Atlanta 96	Barcelona 92	Total	
Fortaleza y agilidad	Atletismo	1	2	2	1	1	1	4	12	
	Gimnasia								0	
	Halterofilia	1	1					1	3	
Velocidad	Atletismo	1	2	2	1	1	1	4	12	
	Ciclismo								0	
	Natación								0	
	Piragüismo								0	
	Remo			1					1	
	Triatlón								0	
	Vela								0	
	Artes marciales	Boxeo	1	1				2		4
		Esgrima							1	1
Lucha			1						1	
Judo		1	1		1		3		6	
Taekwondo		1		1					2	
Equipo	Badminton								0	
	Baloncesto								0	

	Hockey sobre hierba								0
	Rugby								0
	Tenis de mesa				1				1
	Voleibol								0
	Waterpolo								0
	Balonmano								0
	Tenis								0
	Fútbol	18	18	21		21			78*
	Golf								0
Habilidad	Equitación								0
	Natación	2	2	2	2	2	1	4	15*
	Pentatlón moderno								0
	Salto								0
	Salto con tiro								0
	Tiro deportivo		1						1

Fuente: (Elaboración propia)

Se determinó las 5 disciplinas que más atletas hondureños han asistido a los JJOO: Fútbol, natación, atletismo, judo y halterofilia. De estas 5 disciplinas se excluye al fútbol por ser un deporte de grupo, y el enfoque del proyecto va para deportistas individuales. Además, en base a retroalimentación dada por Ricardo Escobar (Preparador Físico y maestro de Educación Física) comentaba que Natación es una disciplina practicada por personas con más presupuesto, por efectos de proyecto se excluye esta disciplina. A continuación, se presenta la tabla, y en color amarillo las disciplinas que se van a estudiar en la creación del modelo de asignación de alimentos (Modelo A) y el modelo de asignación de rutinas físicas (Modelo B).

Por lo tanto, los deportes a analizar para crear el modelo son:

- Atletismo
- Judo
- Halterofilia

5.1.2. TIPOS DE CICLO DEL ATLETA

Para este estudio se determinó 4 ciclos muy importantes para el desarrollo de un atleta para afrontar una competencia. Estos ciclos son los sugerido por el libro guía nutrición de deportista creado por el comité olímpico:

- Entrenamiento o ejercicio
- Precompetición
- Competición
- Recuperación

En cada ciclo cada atleta realiza rutina de ejercicio diferentes, como también ingiere diferentes cantidades de alimentos.

5.1.3. CANTIDAD DE TIEMPOS DE COMIDA

Para este proyecto se determinó la cantidad de tiempos de comida dependiendo de la intensidad del ciclo deportivo de cada atleta en su diferente disciplina. Para las disciplinas de Judo y Atletismo se determinó los mismos tiempos de comida al tener casi la misma intensidad de entrenamiento. Para Halterofilia, al ser una disciplina de alta intensidad y de alta masa corporal se determinó una cantidad diferente de tiempos de comida.

En total hay 8 tiempos de comida, entiéndase Desayuno, almuerzo y Cena como tiempos fuertes, indispensables para cualquier atleta en el mundo, bocadillo, merienda y tentempié como aperitivos, o bocados de comida, generalmente para que el cuerpo recupere los nutrientes que se gastarán en la intensidad de los ejercicios, como también se incluyó antes del entrenamiento como después del entrenamiento, independientemente a qué horas realice el ejercicio. A continuación, en la siguiente tabla se ilustra la asignación de tiempos de comida para cada disciplina:

Tabla 6 - Tiempos de comida para cada ciclo de un atleta

Tiempos de comida									
Disciplina	Ciclo	Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Comida antes del entrenamiento	Comida después del entrenamiento	Cena	Tentempié
Atletismo	Entrenamiento	x	x	x	x			x	
	Precompetición	x	x	x		x	x	x	
	Competición	x	x	x	x			x	x
	Recuperación	x	x	x	x			x	
Judo	Entrenamiento	x	x	x	x			x	
	Precompetición	x	x	x		x	x	x	
	Competición	x	x	x	x			x	x
	Recuperación	x	x	x	x			x	
Halterofilia	Entrenamiento	x	x	x		x	x	x	
	Precompetición	x	x	x	x	x	x	x	
	Competición	x	x	x	x		x	x	x
	Recuperación	x	x	x		x	x	x	

Fuente: (Elaboración propia)

5.1.4. CANTIDAD DE DÍAS DE CADA CICLO

Se determinó una pequeña cantidad de días a colocar en cada modelo, dependiendo de la duración total de cada ciclo. Extrapolando la cantidad exacta de los días de duración de cada ciclo se puede establecer las dietas con la duración real de cada ciclo. En la tabla siguiente se ilustra la cantidad de días de cada ciclo en cada modelo:

Tabla 7 -Cantidad de días de estudio de cada ciclo

Deporte		Días
Atletismo	Entrenamiento	5
	Precompetición	3
	Competición	2
	Recuperación	3
Judo	Entrenamiento	5
	Precompetición	3
	Competición	2
	Recuperación	3
Halterofilia	Entrenamiento	5
	Precompetición	3
	Competición	2
	Recuperación	3

Fuente: (Elaboración propia)

5.1.5. CANTIDAD DE GRUPOS DE CADA ALIMENTO

Para la elaboración del Modelo A, se determinó la cantidad de grupos alimenticios en una dieta, todo esto basado en el Sistema Mexicanos de alimentos equivalentes, donde mencionan la clasificación de los alimentos de acuerdo con el contenido de los otros componentes nutritivos y características entre los alimentos. (Pérez et al., s. f.) Para efectos de proyecto se analizó 65 alimentos, de diversos grupos y características, entre estos alimentos están los citados en el Libro nutrición para deportistas de la COI, donde recomiendan el consumo de estos alimentos a los atletas.

A continuación, se muestra la tabla de los 65 alimentos, clasificados en cada uno de sus grupos alimenticios:

Tabla 8- Alimentos divididos en cada grupo alimenticio

Grupos en el sistema equivalente								
V	F	C	LEG	AOA	L	AyG	Azuc	ALE
Verduras	Frutas	Cereales Y tubérculos	Leguminosas	Alimentos de origen animal	Leche	Aceites y grasas	Azucares	Alimentos Libres de energía
Brócoli	Aguacate	Arroz	Frijoles	Atún	Leche	Aceite	Gelatina	Café
Chile verde	Coco	Avena	Semillas	Camarón	Leche de soya		Chocolate negro	Té
Cebolla	Guanábana	Cereal		Carne de cerdo	Leche en polvo		Mermelada	
Espinacas	Kiwi	Galletas Saladas		Carne de pescado	Quesillo		Miel	
Lechuga	Mandarina	Granola		Carne de res	Queso Mozzarella			
Papa	Mango Maduro	Macarrones		Huevo	Queso			
Pepino	Mango Verde	Pan		Jamón de pavo	Requesón			
Plátano	Manzana	Panqueque		Mantequilla	Yogur			
Tomate	Melón	Espaguetis		Pollo				
Yuca	Naranja	Tortilla de harina		Salmon				
Zanahoria	Papaya	Tortilla de maíz						
	Pera							
	Piña							
	Sandía							
	Uvas							
	Banano							

Fuente: (Pérez et al., s. f.)

5.1.5.1. *Cantidad de porciones recomendados en cada grupo por un atleta al día*

Para determinar la cantidad de alimentos que debe consumir un deportista de élite de cada grupo al día, primero se analizó la cantidad de alimentos como mínimo a consumir por una persona normal, esto en base a los datos de la WHO (World Health Organization). Luego de esto se investigó en el libro de Nutrición para deportistas el promedio de alimentos por cada grupo de comida. En la siguiente tabla se muestra la cantidad de porciones de alimentos recomendado para un atleta.

Tabla 9- Cantidad recomendada de grupos de alimentos para los atletas

Cantidad recomendada de grupos de alimentos		
	Min	Max
Verduras	3	6
Frutas	3	6
Cereales Y tubérculos	8	11
Leguminosas	1	2
Alimentos de origen animal	5	7
Leche	2	4
Aceites y grasas	1	1
Azucres	1	2
Alimentos Libres de energía	1	2

Fuente: (Elaboración propia)

5.1.6. CANTIDAD DE GRAMOS EN UNA PORCIÓN RECOMENDADA PARA CADA ALIMENTO

Se trabajarán con porciones equivalente a la cantidad de gramos recomendados para una persona, detallado en el libro Sistema Mexicano equivalente. En la tabla siguiente se encuentra la cantidad de gramos de cada porción de cada alimento a estudiar:

Tabla 10- Porciones recomendadas por cada alimento

Porciones recomendadas en gramos					
#	Alimento	Peso (G)	#	Alimento	Peso (G)
1	Café	8	35	Mango Verde	162
2	Té	10	36	Manzana	106
3	Atún	33	37	Melón	179
4	Camarón	32	38	Naranja	152
5	Carne de cerdo	40	39	Papaya	140
6	Carne de pescado	39	40	Pera	81
7	Carne de res	30	41	Piña	124
8	Huevo	44	42	Sandía	160
9	Jamón de pavo	42	43	Uvas	86
10	Mantequilla	6	44	Banano	104
11	Pollo	30	45	Leche	245
12	Salmon	30	46	Leche de soya	240
13	Aceite	5	47	Leche en polvo	30
14	Gelatina	121	48	Quesillo	28
15	Chocolate negro	14	49	Queso Mozzarella	35
16	Mermelada de mango	43	50	Queso	13
17	Miel	14	51	Requesón	36
18	Arroz	47	52	Yogur	75
19	Avena	26	53	Frijoles	75
20	Cereal	19	54	Semillas	12
21	Galletas Saladas	16	55	Brócoli	92
22	Granola	18	56	Chile verde	50
23	Macarrones	195	57	Cebolla	58
24	Pan	25	58	Espinacas	90
25	Panqueque	20	59	Lechuga	135
26	Espaguetis	60	60	Papa	78
27	Tortilla de harina	28	61	Pepino	104
28	Tortilla de maíz	30	62	Plátano	54
29	Aguacate	31	63	Tomate	113
30	Coco	8	64	Yuca	60
31	Guanábana	238	65	Zanahoria	64
32	Kiwi	114			
33	Mandarina	105			
34	Mango Maduro	162			

Fuente: (Pérez et al., s. f.)

5.1.7. CANTIDAD DE NUTRIENTES PARA UN DEPORTISTA

Este séptimo elemento fue considerado ya que los atletas deben consumir una cierta cantidad de nutrientes para poder rendir en cada ciclo deportivo. Un deportista promedio debe consumir más que cualquier persona normal, ya que su cuerpo le exige esa cantidad de nutrientes y suplementos debido a la cantidad de ejercicio que ejercen durante cada ciclo del atleta. Esta cantidad de nutrientes están presentados en la siguiente tabla.

Tabla 11 - Requerimientos nutricionales para un deportista

Observed parameters	Recommendations
Energy (E_d , kJ)*	13800 - 15900
Proteins (g/day)	220 - 240
Fats (max % from E_d) [#]	≤ 30
Carbohydrates (g/day) [#]	345 - 420
Vitamin A (μg)	2600 - 3000
Vitamin E (mg)	100 - 200
Vitamin B ₁ (mg)	3 - 4
Vitamin B ₂ (mg)	3 - 6
Niacin (mg)	30 - 50
Vitamin B ₆ (mg)	5 - 10
Vitamin C (mg)	< 3000
Sodium (mg)	round 3000
Potassium (mg)	4500 - 5500
Calcium (mg)	1200 - 2700
Magnesium (mg)	600 - 1350
Iron (mg)	30 - 50
Phosphor (mg)	1500 - 4000

Fuente: (IM, 2005; Mahan y Escott-Stump, 2007; Perkov, 2001)

5.1.7.1. Nutrientes necesarios para un deportista

Para tener un modelo que cumpla con las necesidades nutricionales de cada porción por cada alimento se debe considerar tanto los Macronutrientes como micronutrientes para poder tener una dieta balanceada en grupos de comida.

En la investigación de "Análisis de modelos de optimización de la dieta para condiciones propicias para agrandamiento muscular hipertrófico en atletas" se determinó los nutrientes mostrados en la tabla 11. Además, en el libro nutrición para deportistas sugiere el consumo necesario de los siguientes micronutrientes: Vitamina C, D, E; Sodio, hierro, calcio, fósforo y potasio.

Por lo tanto, se consideró estudiar los siguientes nutrientes sugeridos para un atleta, mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 12 - Nutrientes para deportistas y su función

Nutrientes necesarios para un deportista

Grupo de nutrientes	Nutrientes	Función
Macronutrientes	Hidratos de Carbono	Reserva energética
	Proteínas	Formación y reparación de músculos
	Lípidos	Reserva energética y estructural
Micronutrientes	Vitamina A	Desarrollo de los huesos y tejidos blandos
	Vitamina C	Necesaria para la integridad y fuerza de los tendones y ligamentos
	Ácido Fólico	Repara las células musculares que se pueden ver afectadas por una actividad física intensa.

Sodio	Electrólito que mantiene la función de las células, además retiene agua, volumen de sangre, etc.
Hierro	Transporte de oxígeno en la sangre y músculos
Potasio	Mejora el ritmo cardíaco y presión arterial
Calcio	Mantiene los huesos saludables
Fosforo	Participa en la producción de energía y está vinculado al metabolismo del ejercicio.
Tiamina	Convierte carbohidratos en energía.
Zinc	Es necesario para la biosíntesis de la proteína, además regenera y recupera lesiones estructurales.
Magnesio	Producción de energía y la síntesis proteica

Fuente: (Elaboración propia)

5.1.7.2. Cantidad de nutrientes por alimento

Para lograr la cantidad necesaria de todos los nutrientes, se realizó una tabla de todos los 65 alimentos a considerar con su respectivo aporte de cada nutriente, mostrado en el anexo 1. Cada alimento tiene su respectivo aporte nutritivo dependiendo de la cantidad de porción de gramos a consumir.

5.1.8. COSTO DE LOS ALIMENTOS

Para obtener los costos de los alimentos, se necesitaron 2 fuentes de información: La primera de la página del gobierno de la SDE para conocer los precios de la canasta básica actual, y los alimentos que no estaban en esta lista se desarrolló una búsqueda de los costos de los alimentos en la página de un supermercado. El costo se determinó en Lps/porción, por lo tanto, primero se saca el costo por gramos y luego se obtiene el costo por porción. En la siguiente tabla se muestra el costo por porción de cada alimento:

Tabla 13 - Costo porción de cada alimento

Costo de las porciones en Lempiras							
#	Alimento	Peso (G)	Costo Lps/Porción	#	Alimento	Peso (G)	Costo Lps/Porción
1	Café	8	0.78	35	Mango Verde	162	4.00
2	Té	10	2.73	36	Manzana	106	13.90
3	atún	33	6.97	37	Melón	179	1.13
4	Camarón	32	13.40	38	Naranja	152	2.03
5	Carne de cerdo	40	4.41	39	Papaya	140	1.54
6	Carne de pescado	39	2.58	40	Pera	81	20.90
7	Carne de res	30	3.51	41	Piña	124	7.66
8	Huevo	44	2.50	42	Sandía	160	0.67
9	Jamón de pavo	42	9.25	43	Uvas	86	16.12
10	Mantequilla	6	0.40	44	Banano	104	2.00
11	Pollo	30	1.46	45	Leche	245	5.15
12	Salmon	30	21.37	46	Leche de soya	240	14.82
13	Aceite	5	0.33	47	Leche en polvo	30	6.25
14	Gelatina	121	5.00	48	Quesillo	28	6.01
15	Chocolate negro	14	8.14	49	Queso Mozzarella	35	7.46
16	Mermelada de mango	43	5.02	50	Queso	13	1.15
17	Miel	14	1.45	51	requesón	36	6.19
18	Arroz	47	1.04	52	Yogur	75	7.20
19	Avena	26	1.58	53	Frijoles	75	1.82
20	Cereal	19	2.68	54	Semillas	12	8.06
21	Galletas Saladas	16	1.67	55	Brócoli	92	3.86
22	Granola	18	2.27	56	Chile verde	50	4.31
23	Macarrones	195	22.90	57	Cebolla	58	3.40
24	Pan	25	2.16	58	Espinacas	90	16.20
25	Panqueque	20	2.47	59	Lechuga	135	6.75

26	Espaguetis	60	2.12	60	Papa	78	2.24
27	Tortilla de harina	28	1.34	61	Pepino	104	2.74
28	Tortilla de maíz	30	2.58	62	Plátano	54	1.62
29	Aguacate	31	1.94	63	Tomate	113	2.49
30	Coco	8	10.00	64	Yuca	60	1.72
31	Guanábana	238	50.00	65	Zanahoria	64	3.78
32	Kiwi	114	24.90				
33	Mandarina	105	2.50				
34	Mango Maduro	162	4.00				

Fuente: (Elaboración propia)

5.1.9. TIPOS DE EJERCICIO

Para determinar un plan de rutinas físicas se debe considerar los tipos de ejercicios de cada disciplina que aumenten el rendimiento de ese atleta. En el caso de Atletismo, o específicamente los atletas de 100 -200 mts planos, necesitan además de velocidad, mucha potencia y fuerza para poder desarrollarse como atleta de alto rendimiento. A continuación en la tabla siguiente se muestra los tipos de ejercicios de Atletismo (Bogdan, 2017), los ejercicios de Judo (Facultat de Ciències de l'Esport Blanquerna, 2017) , y los tipos de ejercicio de halterofilia (Janz et al., 2008).

Tabla 14- Tipos de ejercicio por cada disciplina

Tipos de ejercicios	Atletismo	Judo	Halterofilia
	Fuerza	Fuerza	Fuerza
Fuerza-Potencia		Control motor y equilibrio estático	Abdominales
Potencia		Ejercicios básicos	Brazos
Velocidad-Potencia		Combinaciones simples (Pierna, Hombro, cadera)	Espalda
Velocidad			Hombros
			Pechos
			Piernas
			Métodos alternativos de Halterofilia

Fuente: (Elaboración propia)

5.1.10. TIEMPO DE EJERCICIOS

Luego de obtener los grupos o tipos de ejercicios, se seleccionaron los ejercicios que definirán las rutinas físicas. Para determinar el tiempo de cada uno de los ejercicios se utilizó la cantidad de repeticiones que usaron (Bogdan, 2017), (Facultat de Ciències de l'Esport Blanquerna, 2017) , y (Janz et al., 2008), como además se calculó el tiempo promedio de los ejercicios en atletas realizando la rutina por videos.

5.1.11. CANTIDAD DE CALORÍAS EN CADA TIPO DE EJERCICIOS

Para determinar la intensidad de cada uno de los ejercicios se toma como medida las calorías, además estas servirán de apoyo para comparar la cantidad de calorías consumidas en el modelo de nutrición para la validación. Para determinar la cantidad de calorías quemadas en los ejercicios, se tomó en cuenta el tipo de ejercicio y la intensidad de este. (*Calorías quemadas a través del ejercicio*, s. f.)

5.1.12. CANTIDAD DE DÍAS DE CADA SUBMODELO

La cantidad de días de los 3 modelos son de 20 días, donde establece una rutina de ejercicios de 4 semanas, con 5 días cada uno. Para el modelo de Atletismo se estableció 4 etapas, etapa alejada (etapa 1), etapa intermedia (etapa 2), etapa precompetitiva (etapa 3), y la etapa competición (etapa 4) (Bogdan, 2017). Para el modelo de Judo y Halterofilia se definió 20 días para la etapa de competición, ya que es la etapa de mayor preparación para estos atletas.

5.2. NOMENCLATURA

Para elaborar un plan alimentación y una rutina de ejercicios que satisfaga con los requerimientos nutricionales y físicos de cada disciplina, se formularon dos modelos de programación lineal entera binaria: Una para la elaboración del modelo de asignación de alimentos a un atleta y la otra la elaboración de ejercicios para cada deportista. En la elaboración del modelo de asignación de nutrientes hay 3 submodelos que son las 3 disciplinas deportivas.

5.2.1. ASIGNACIÓN DE ALIMENTOS A UN ATLETA (MODELO A)

Este modelo busca determinar que alimento debe consumir cada atleta, en que ciclo deportivo, en qué día, en qué tiempo de comida minimizando el costo de los alimentos.

5.2.1.1. Índices del modelo A

Se representará como índices i, j, k, l donde i son los alimentos, j los tiempos de comida, k los días, y l son los ciclos del deportista, como se detallan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 15- Índices modelo A

Descripción	Índice
Cantidad de alimentos	<p>Para todo $i = (1, 2, 3, \dots, 65)$</p> <p>Siendo el subconjunto G_p, donde representan la cantidad de alimentos por cada grupo:</p> <p>G_1 (Alimentos libres de energía) = 1,2 G_2 (Alimentos de origen animal) = 3, ..., 12 G_3 (Aceites y grasas) = 13 G_4 (Cereales y tubérculos) = 18, ..., 28 G_5 (Frutas) = 29, ..., 44 G_6 (Lácteos) = 45, ..., 52 G_7 (Leguminosas) = 53, 54 G_8 (Verduras) = 55, ..., 65</p>
Tiempo de comida	<p>Para todo $j = (1,2,3,4,5,6, 7,8)$</p> <p>Siendo el subconjunto T_m, donde representan la cantidad de tiempos de comida por cada disciplina:</p> <p>1=Desayuno 2=Bocadillo 3=Almuerzo 4=Merienda 5=Cena 6=Comida Antes 7=Comida después 8=Tentempié</p> <p>Judo y Atletismo</p> <p>T_1 (Entrenamiento) = 1, ..., 5 T_2 (Precompetición) = 1,2,3,5,6,7</p>

	T_3 (Competición) = 1,2,3,4,5,8 T_4 (Recuperación) = 1,...5 Halterofilia T_5 (Entrenamiento) = 1, ..., 5 T_6 (Precompetición) = 1,2,3,5,6,7 T_7 (Competición) = 1,2,3,4,5,8 T_8 (Recuperación) = 1...5
Días	Para todo $K = (1, 2, 3...13)$ Subconjunto D_0 , que representan los días de cada ciclo: D_1 (Días Entrenamiento) = 1, ..., 5 D_2 (Días Precompetición) = 6, ..., 8 D_3 (Días Competición) = 9 y 10 D_4 (Días Recuperación) = 11, ..., 13
Ciclo del deportista	Para todo $l = (1, 2, 3,4)$ 1=Entrenamiento 2=Precompetición 3=Competición 4=Recuperación

Fuente: (Elaboración propia)

Para la resolución del modelo se ingresaron un conjunto de datos de entrada, los cuales permiten determinar el conjunto de restricciones y necesidades del modelo. Su nomenclatura es el la siguiente:

C_i : Costo de cada alimento i en porción.

N_i : Matriz de nutrientes de cada alimento i . (Véase anexo 1)

N_{max} : Cantidad máxima de nutrientes para cada día k , de cada ciclo l . (Véase anexo 2,3,4)

N_{min} : Cantidad mínima de nutrientes cada día k , de cada ciclo l . (Véase anexo 2,3,4)

T_{max} : Cantidad máxima para cada tiempo de comida j .

T_{min} : Cantidad mínima para cada tiempo de comida j .

P_i: Porciones mínimas del producto alimenticio *i* a consumir en el modelo.

Q_i: Porciones máximas del producto alimenticio *i* a consumir en el modelo.

M_{ik}: Cantidad máxima del grupo alimenticio "*i*" en el día "*k*".

N_{ik}: Cantidad mínima del grupo alimenticio "*i*" en el día "*k*".

5.2.1.2. Variable de decisión

La variable es de tipo binaria, los cuales corresponden si se consume un alimento o no en el plan alimenticio. Mediante eso se creó una matriz de variables, en el cual serán asignados los valores binarios para la solución del problema de asignación de alimentos

- Atletismo: Sea X_{ijkl} : 1 si el atleta consume una porción del alimento *i* en el tiempo de comida *j* en el día *k* en el ciclo *l*; 0 si no se consume en ese alimento. En este modelo contiene 4745 variables
- Judo: Sea X_{ijkl} : 1 si el atleta consume una porción del alimento *i* en el tiempo de comida *j* en el día *k* en el ciclo *l*; 0 si no se consume en ese alimento. Este contiene 4745 variables.
- Halterofilia: Sea X_{ijkl} : 1 si el atleta consume una porción del alimento *i* en el tiempo de comida *j* en el día *k* en el ciclo *l*; 0 si no se consume en ese alimento Este contiene 5395 variables, ya que tiene más tiempos de comida ser un deporte de más intensidad.

5.2.1.3. Función Objetivo

El modelo matemático correspondiente a la asignación de alimentos para un atleta tiene como objetivo minimizar el costo de los productos alimenticios, tomando en cuenta las restricciones de los requerimientos nutricionales de un atleta, como la cantidad de porciones que se debe consumir de cada grupo de alimentos.

A continuación, se muestra la notación de la función objetivo:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^{65} \sum_{j \in Gp} \sum_{k \in Do} \sum_{l=1}^4 X_{ijkl} \times Ci$$

Ecuación 1- Función Objetivo Modelo A

Se busca minimizar el costo del plan alimentación de cada atleta, de las diferentes disciplinas en cada tipo de ciclo deportivo.

5.2.1.4. Restricciones

El modelo matemático es el mismo para las 3 diferentes disciplinas, lo único que cambia son las restricciones de los macronutrientes (Carbohidratos, proteínas y lípidos) de cada disciplina.

A continuación, se muestran la notación de las restricciones, de forma general:

1- Cantidad mínima de porciones de alimentos por día

$$\sum_{i=1}^{65} \sum_{j \in Tm} X_{ijkl} \geq 20 \quad \forall i = (1 \dots 65); k = (1, \dots, 13), \forall l = (1, \dots, 4) \quad \forall m = (1, \dots, 4)$$

Ecuación 2- Restricción 1 (Modelo A)

Como mínimo se debe consumir 20 alimentos por día.

Esta misma restricción se hizo para el modelo de Halterofilia y lo que cambia es el $m = (5 \dots 8)$

2- Cantidad mínima del grupo alimenticio por día.

$$\sum_{i \in Gn} \sum_{j \in Jm} X_{ijkl} \geq N_{ik}, \quad \forall m = (1 \dots 4); n; k; l$$

Ecuación 3- Restricción 2 (Modelo A)

Al día se debe consumir la cantidad de recomendada de cada grupo de alimento, por ejemplo, se debe consumir como mínimo 3 frutas al día. En el caso del modelo de Halterofilia varia con $m = (5 \dots 8)$

3- Cantidad máxima del grupo alimenticio por día

$$\sum_{i \in Gp} \sum_{j \in Tm} X_{ijkl} \leq M_{ik}, \forall m = (1..4); n; k; l$$

Ecuación 4- Restricción 3 (Modelo A)

Se debe restringir la cantidad máxima de alimentos de cada grupo al día, como por ejemplo solo se debe consumir como máximo 6 verduras al día. Para el modelo de Halterofilia es con m= (5...8).

4- Cantidad mínima de porciones de cada alimento en todo el modelo de 13 días.

$$\sum_{j \in Tm} \sum_{k=1}^{13} \sum_{l=1}^4 X_{ijkl} \geq P_i; \forall i; m$$

Ecuación 5- Restricción 4 (Modelo A)

Por ejemplo, se debe consumir como mínimo Salmón 2 veces cada 13 días.

5- Cantidad máxima de porciones de cada alimento a consumir en todo el modelo de 13 días.

$$\sum_{j \in Tm} \sum_{k=1}^{13} \sum_{l=1}^4 X_{ijkl} \geq P_i \quad \forall i; m$$

Ecuación 6- Restricción 5 (Modelo A)

6- Como máximo se debe comer 2 veces cada alimento en todo un día, esto para variar el menú alimenticio.

$$\sum_{j \in Tm} X_{ijkl} \geq 2 \quad \forall i; k; l; m.$$

Ecuación 7- Restricción 6 (Modelo A)

- 7- No se recomienda café o té en el tiempo de almuerzo, por lo tanto, el valor debe de ser 0 en todos los almuerzos de A.L.E (Alimentos libres de energía)

$$\sum_{i=1}^2 \sum_{j=3}^3 \sum_{k=1}^{13} \sum_{l=1}^4 X_{ijkl} = 0$$

Ecuación 8- Restricción 7 (Modelo A)

- 8- No se recomienda comer carnes rojas ni carnes blancas en horas matutinas y en tiempo de la merienda o bocadillo.

$$\sum_{i=3}^7 \sum_{j \in m} \sum_{k=1}^{13} \sum_{l=1}^4 X_{ijk} = 0; \forall m = (1,2,4,6)$$

Ecuación 9- Restricción 8 (Modelo A)

- 9- No se recomienda comer muchas verduras en la mañana, merienda, bocadillo o tentempié, al ser comida fuerte en un tiempo de comida ligero.

$$\sum_{i=55}^{65} \sum_j \sum_{k=1}^{13} \sum_{l=1}^4 X_{ijkl} = 0; \forall j = \{1,2,4,8\}$$

Ecuación 10- Restricción 9 (Modelo A)

- 10- Restricción de comer frijoles en la merienda, bocadillo o tiempos antes o después de entrenar.

$$\sum_{i=53}^{53} \sum_j \sum_{k=1}^{13} \sum_{l=1}^4 X_{ijkl} = 0; \forall j = \{2,4,6,7,8\}$$

Ecuación 11- Restricción 10 (Modelo A)

11- Al menos un alimento debe consumirse en cada tiempo de comida fuerte (Desayuno, Almuerzo, Cena)

$$\sum_{i=3}^{12} X_{ijkl} \geq 1; \forall j = \{1,3,5\}, \forall k; l$$

Ecuación 12- Restricción 11 (Modelo A)

12- Restricción de cantidades máximas por cada tiempo de comida

$$\sum_{i=1}^{65} X_{ijkl} \leq T_{max} \forall j, k, l$$

Ecuación 13- Restricción 12 (Modelo A)

13- Restricción de cantidades mínima por cada tiempo de comida

$$\sum_{i=1}^{65} X_{ijkl} \geq T_{min} \forall j; k; l$$

Ecuación 14- Restricción 13 (Modelo A)

Alimentos prohibidos

Estos son los alimentos que no se pueden consumir en un mismo tiempo de comida, según (Morales, s. f.)

14- Café con té

$$\sum_{i=1}^2 X_{ijkl} \leq 1; \forall j; k; l.$$

Ecuación 15- Restricción 14 (Modelo A)

15- Tortilla de maíz con tortilla de harina

$$\sum_{i=27}^{28} X_{ijkl} \leq 1; \forall j; k; l.$$

Ecuación 16- Restricción 15 (Modelo A)

16- Queso (Derivados) y espinacas

$$\sum_{i=48}^{50} X_{ijkl} + \sum_{i=58} X_{ijkl} \leq 1; \forall j; k; l.$$

Ecuación 17- Restricción 16 (Modelo A)

17- Té y leche

$$\sum_{i=2}^2 X_{ijkl} + \sum_{i=45} X_{ijkl} \leq 1; \forall j; k; l.$$

Ecuación 18- Restricción 17 (Modelo A)

18- Leche en polvo, y/o leche entera y/o leche de soya

$$\sum_{i=45}^{47} X_{ijkl} \leq 1; \forall j; k; l.$$

Ecuación 19- Restricción 18 (Modelo A)

19- No debe repetirse un mismo alimento en tiempos de comida sucesivos. Por ejemplo, comer pollo en el desayuno, luego en merienda.

$$\sum_{j \in n}^{n+1} X_{ijkl} \leq 1 \forall k; n; l.$$

Ecuación 20- Restricción 19 (Modelo A)

Restricción de nutrientes

20- Cantidad mínima de nutrientes para un atleta en cada ciclo

$$\sum_{i=1}^{65} \sum_{j=jm} Xijkl x Ni \geq Nlmin; \forall m = (1..4); k; l.$$

Ecuación 21- Restricción 20 (Modelo A)

Para el submodelo de Halterofilia es con m= (5..8)

21- Cantidad mínima de nutrientes para un atleta en cada ciclo

$$\sum_{i=1}^{65} \sum_{j=jm} Xijkl x Ni \leq Nlmax; \forall m = (1..4); k; l.$$

Ecuación 22- Restricción 21 (Modelo A)

Para el submodelo de Halterofilia es con m= (5,..8)

22- La variable es binaria

$$Xijkl = bin$$

Ecuación 23- Restricción 22 (Modelo A)

5.2.2. ASIGNACIÓN DE RUTINAS FÍSICAS (MODELO B)

Este modelo busca determinar que ejercicio debe realizar cada atleta, cada día para potenciar la habilidad en cada una de las disciplinas.

5.2.2.1. Índices del modelo B

Se representará como índices i, j; donde i son los ejercicios, j los días, como se detallan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 16- Índices modelo A

Descripción	Índice
Cantidad de ejercicios	Para todo i = (1, 2, 3, ... 61) Para el modelo de Judo es i= (1,2,3,...50)

	<p>Para el modelo de Halterofilia es $i = (1,2,3,...72)$</p> <p>Siendo el subconjunto A_p, donde representa los tipos de ejercicios de Atletismo:</p> <p>A_1 (Fuerza Máxima) = 1,2,..5 A_2 (Fuerza Explosiva) = 6, ..., 10 A_3 (Fuerza reactiva) = 11..13 A_4 (Fuerza-Potencia) = 14, ..., 36 A_5 (Potencia) = 37, ..., 44 A_6 (Velocidad-Potencia) = 45, ..., 51 A_7 (Velocidad) = 52..61</p> <p>Siendo el subconjunto U_q, donde representa los tipos de ejercicios de Judo:</p> <p>U_1 (Fuerza) = 1,2,..10 U_2 (Control motor) = 11, ..., 16 U_3 (Ejercicios fisicos) = 17...27 U_4 (Pierna) = 28, ..., 36 U_5 (Hombro) = 37, ..., 44 U_6 (Cadera) = 45, ..., 50</p> <p>Siendo el subconjunto H_m, donde representa los tipos de ejercicios de Halterofilia:</p> <p>H_1 (Fuerza) = 1,2,..18 H_2 (Abdominales) = 19, ..., 33 H_3 (Brazos) = 34...41 H_4 (Espalda) = 42, ..., 49 H_5 (Hombro) = 50, ..., 56 H_6 (Pechos) = 57, ..., 64 H_7 (Piernas) = 65, ..., 72</p>
<p>Días</p>	<p>Para todo $j = (1,2,3,4,...20)$</p> <p>Siendo el subconjunto R_s, donde representa las etapas de la disciplina de Atletismo:</p> <p>R_1 (Etapa 1) = 1,2,..5 R_2 (Etapa 2) = 6...,10 R_3 (Etapa 3) = 11,..15 R_4 (Etapa 4) = 16, ..., 20</p>

Fuente: (Elaboración propia)

Para la resolución del modelo se ingresaron un conjunto de datos de entrada, los cuales permiten determinar el conjunto de restricciones y necesidades del modelo. Su nomenclatura es el la siguiente:

T_i : Tiempo de ejercicio de la rutina i

K_i : Calorías gastadas en la rutina i

E_{max} : Cantidad máxima de ejercicios de una rutina i .

E_{min} : Cantidad mínima de ejercicios de una rutina i .

5.2.2.2. *Variable de decisión*

La variable es de tipo binaria, los cuales corresponden si se realiza un ejercicio o no en el plan de rutinas físicas. Mediante eso se creó una matriz de variables, en el cual serán asignados los valores binarios para la solución del problema de asignación de ejercicios:

- Atletismo: Sea X_{ij} : 1 si el atleta realiza el ejercicio i en el día j ; 0 si no se realiza el ejercicio. En este modelo contiene 1220 variables
- Judo: Sea X_{ij} : 1 si el atleta realiza el ejercicio i en el día j ; 0 si no se realiza el ejercicio. Este contiene 1000 variables.
- Halterofilia: Sea X_{ij} : 1 si el atleta realiza el ejercicio i en el día j ; 0 si no se realiza el ejercicio. Este contiene 1440 variables

5.2.2.3. *Función Objetivo (Modelo B)*

El modelo matemático correspondiente a la asignación de ejercicios para un atleta tiene como objetivo minimizar el tiempo de los ejercicios, tomando en cuenta la preparación de los diferentes tipos de ejercicios de un atleta que debe realizar cada día.

A continuación, se muestra la notación de la función objetivo:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^{61} \sum_{j=1}^{20} X_{ij} \times T_i$$

Ecuación 24- Función Objetivo Modelo B

La función objetivo para el deporte de Judo es hasta $i=50$, mientras tanto para el deporte de Halterofilia es hasta $i=72$.

5.2.2.4. *Restricciones*

A continuación, se muestran la notación de las restricciones del modelo B, de forma general:

- 1- Cantidad mínima de ejercicios de forma equilibrada en el modelo de Atletismo, como mínimo se debe realizar 1 ejercicio de fuerza, fuerza-potencia, potencia-velocidad, velocidad al día:

$$\sum_{i \in A_p} X_{ij} \geq 1; \forall p = 1,2,3,4,6,7 \forall j.$$

Ecuación 25- Restricción 1 (Modelo B)

- 2- Cantidad mínima de ejercicios de forma equilibrada en el modelo de Atletismo, como mínimo se debe realizar 2 ejercicios de potencia al día.

$$\sum_{i \in A_p} X_{ij} \geq 2; \forall p = 1,2,3,4,6,7 \forall j.$$

Ecuación 26- Restricción 2 (Modelo B)

- 3- Como mínimo se debe trabajar 2 horas (7200 seg) en cada rutina al día, de cada disciplina.

$$\sum_{i=1}^{61} X_{ij} \times T_i \geq 7200; \forall j$$

Ecuación 27- Restricción 3 (Modelo B)

Esta restricción también se cumple para los modelos de Judo y Halterofilia, con $i=50$, e $i=72$; respectivamente.

4- La etapa 4 y 3 son las etapas que deben tener muchos más ejercicios que las demás etapas, ya que son las etapas de mayor carga física en el modelo de Atletismo.

$$\sum_{i=1}^{61} \sum_{j=16}^{20} X_{ij} \geq \sum_{i=1}^{61} \sum_{j=11}^{15} X_{ij} \geq \sum_{i=1}^{61} \sum_{j=6}^{10} X_{ij} \geq \sum_{i=1}^{61} \sum_{j=1}^{5} X_{ij}$$

Ecuación 28- Restricción 4 (Modelo B)

5- Cantidad mínima de ejercicios de forma equilibrada en el modelo de Judo, como mínimo se debe realizar 5 ejercicio de pierna, hombro, cadera, ejercicios básicos

$$\sum_{i \in Uq} X_{ij} \geq 1; \forall q = 3,4,5,6 \forall j.$$

Ecuación 29- Restricción 5 (Modelo B)

6- Cantidad mínima de ejercicios de forma equilibrada en el modelo de Halterofilia

$$\sum_{i \in Rs} X_{ij} \geq Emin; \forall s; \forall j.$$

Ecuación 30- Restricción 6 (Modelo B)

7. La variable es binaria

$$X_{ij} = bin$$

Ecuación 31- Restricción 7 (Modelo B)

5.3.RESULTADOS (MODELO A)

Se elaboró los 3 modelos de cada una de las disciplinas para la asignación de alimentos para cada atleta. Cada modelo encontró a asignación optima del consumo de los alimentos para mejorar la cantidad de nutrientes ingeridos minimizando el costo de los alimentos.

A continuación, se puede observar una tabla de asignación de los alimentos para la disciplina de Atletismo en el ciclo de entrenamiento y precompetición del deportista para cada tiempo de comida:

Tabla 17- Plan de alimentación del ciclo de entrenamiento para Atletismo

Dieta de atletismo- Ciclo de entrenamiento				
Día 1				
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Té	Galletas Saladas	Pollo	Café	Atún
Mermelada de mango	Banano	Arroz	Huevo	Aceite
Arroz	Cereal	Papa	Mantequilla	Granola
Tortilla de maíz		Plátano	Avena	Naranja
Leche		Tomate	Granola	Leche
Coco		Naranja		Requesón
		Coco		Frijoles
		Banano		Papa
				Plátano
Día 2				
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Café	Huevo	Arroz	Huevo	Café
Mantequilla	Guanábana	Mantequilla	Avena	Carne de res
Arroz	Mandarina	Espaguetis	Cereal	Aceite
Galletas Saladas	Papaya	Pan	Leche	Granola
Pan		Melón	Naranja	Leche
Banano		Queso		Queso
		Frijoles		Frijoles
		Yuca		Papa
		Papa		Tomate
Día 3				

Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Café	Avena	Huevo	Chocolate negro	Huevo
Mantequilla	Pan	Arroz	Mango maduro	Mantequilla
Pollo	Mandarina	Espaguetis	Cereal	Arroz
Aceite	Banano	Brócoli	Leche	Frijoles
Galletas Saladas		Chile		Mermelada
Tortilla de maíz		Espinacas		Yogurt
Mango		Papa		
		Yuca		
		Galleta Saladas		

Día 4

Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Arroz	Galletas Saladas	Yuca	Yogur	Tortilla de maíz
Avena	Miel	Tomate	Naranja	Pan
Café	Naranja	Plátano	Mermelada de mango	Mango Maduro
Frijoles	Leche	Papa	Granola	Leche de soya
Granola		Pan	Café	Frijoles
Huevo		Huevo		Espaguetis
Mandarina		Espinacas		Carne de res
Mango Maduro		Espaguetis		Aceite
Mantequilla		Chile verde		Aguacate
Yogur		Carne de pescado		

Día 5

Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Tortilla de maíz	Miel	Yuca	Pera	Tortilla de maíz
Té	Café	Yogur	Galletas Saladas	Miel
Huevo	Banano	Queso	Avena	Leche de soya
Granola		Plátano	Arroz	Guanábana
Frijoles		Piña		Frijoles
Avena		Papa		Coco
Arroz		Mandarina		Camarón
		Leche		Aceite
		Granola		
		Espaguetis		
		Brócoli		

Tabla 18- Plan de alimentación para el ciclo de precompetición de Atletismo

Dieta de atletismo- Ciclo de precompetición					
Día 1					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Tortilla de maíz	Piña	Yuca	Mantequilla	Yuca	Quesillo
Té	Gelatina	Pepino	Leche	Yogur	Pan
Naranja	Banano	Papa	Espaguetis	Tortilla de maíz	Melón
Mantequilla		Naranja		Plátano	Leche
Granola		Huevo		Papa	Huevo
Frijoles		Frijoles			Granola
Chocolate negro		Avena			Camarón
		Arroz			Avena
					Aceite
Día 2					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Té	Requesón	Yuca	Naranja	Mango Verde	Tomate
Pollo	Miel	Yogur	Kiwi	Huevo	Papa
Huevo	Granola	Tortilla de maíz	Avena	Galletas Saladas	Naranja
Galletas Saladas	Café	Pollo			Leche
Frijoles	Arroz	Plátano			Kiwi
Chocolate negro		Papa			Espaguetis
Banano		Frijoles			Carne de pescado
Avena		Carne de pescado			
Aceite					
Día 3					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Tortilla de maíz	Yogur	Yogur	Plátano	Manzana	Yuca
Pollo	Té	Tortilla de harina	Papa	Cereal	Tortilla de harina
Naranja	Miel	Semillas	Frijoles	Café	Plátano

Huevo	Granola	Pan	Banano	Banano	Naranja
	Arroz	Leche			Mermelada de mango
		Kiwi			Mantequilla
		Granola			Leche
		Arroz			Galletas Saladas
		Aceite			Carne de cerdo

Fuente: (Elaboración propia)

5.4. ANÁLISIS (MODELO A)

Para el proceso de análisis se tomaron en cuenta varios elementos para comparar el estudio de cada modelo, y la interacción entre ambos, los elementos son los siguientes:

- Comparación análisis de costo entre los ciclos de cada modelo
- Análisis de costo entre los modelos
- Cantidad de alimentos de los grupos alimenticios entre los modelos
- Comparación de macronutrientes entre cada modelo
- Cantidad de alimentos en promedio ingeridos al día

5.4.1. COMPARACIÓN ANÁLISIS DE COSTO ENTRE LOS CICLOS DE CADA MODELO

Cada ciclo de cada disciplina es muy importante para el desarrollo como atleta, tanto en la parte nutritiva como en la física, se realizó un análisis de costo entre cada ciclo, para verificar que ciclo es el más caro, además cuánto costaría el plan alimenticio de este modelo semanalmente.

En la siguiente gráfica se ilustra el costo de cada ciclo en cada una de las disciplinas:

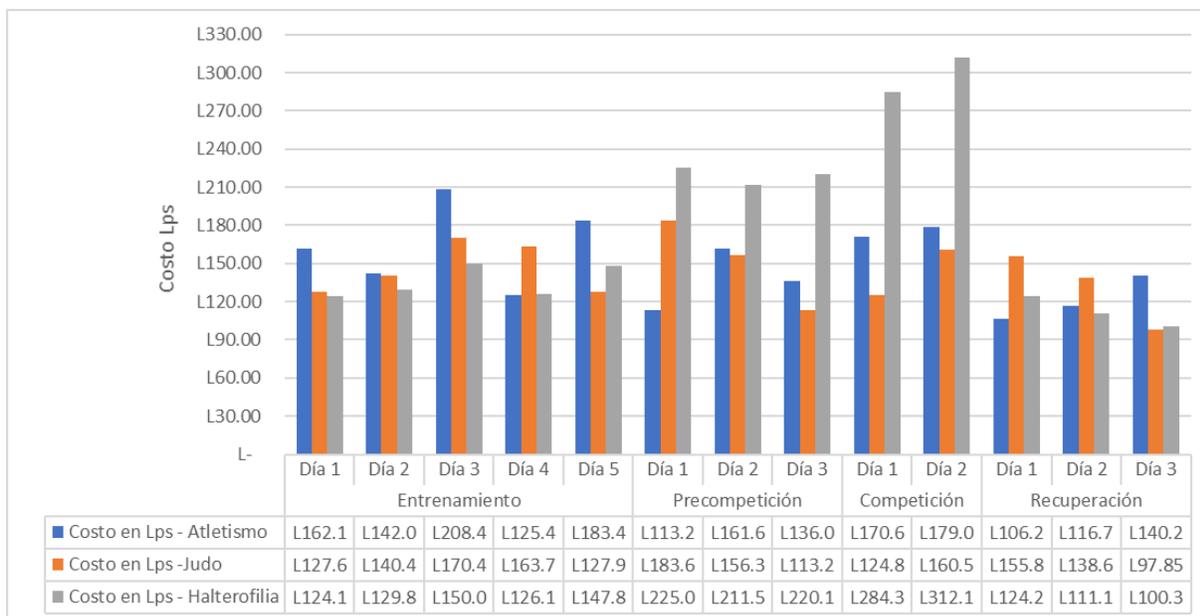


Ilustración 3 Gráfica de costos de cada ciclo por disciplina

Fuente: (Elaboración propia)

El ciclo más caro como se puede observar es el ciclo de competición, ya que es el ciclo donde se debe consumir más carbohidratos y proteínas por la intensidad de la competencia a realizar, como la Yuca que es una verdura rica en carbohidratos y proteínas, también la papa y el banano. El ciclo menos costoso es el de recuperación, que es después de la competición ya que no se realiza mucho ejercicio en este ciclo por el tiempo de recuperación de tejidos y músculos.

Judo tiene la particularidad de que su entrenamiento son constantes, en la etapa precompetitiva es donde realizan la mayor cantidad de carga de intensidad en sus ejercicios, por lo tanto, se debe consumir más alimentos. Así como el atletismo, el ciclo de recuperación es el menos costoso.

Halterofilia es la disciplina que más se consume alimentos, por la pérdida de calorías debido a la cantidad de intensidad en cada uno de sus entrenamientos, ya que necesitan ganar músculos para poder levantar las pesas. El ciclo más caro es el de competencia debido a la cantidad de calorías a consumir para poder levantar la mayor cantidad de peso en la competencia de levantamiento de pesas.

5.4.2. ANÁLISIS DE COSTO ENTRE LOS MODELOS

Para conocer cual disciplina es la más costosa para poder tener un plan alimenticio adecuado en cada ciclo se realizó un análisis de costo semanal para determinar el costo de cada ciclo por cada disciplina.

5.4.2.1. *Análisis de costo semanal*

En análisis de cada ciclo del costo semanal de cada disciplina se muestra en la siguiente gráfica;

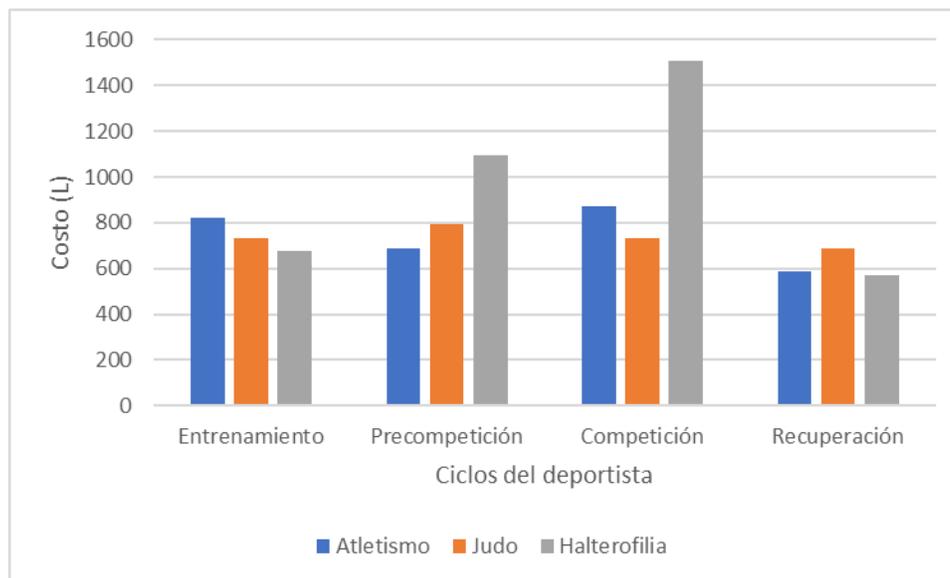


Ilustración 4- Gráfica de costo semanal de cada ciclo

Fuente: (Elaboración propia)

En la gráfica se muestra que el pico más alto es la disciplina de halterofilia en el ciclo de competición, como el ciclo más caro de todo el Modelo A, todo esto debido a que la cantidad de ingesta tanto calórica como de macronutrientes debe de ser bastante elevado por la cantidad de ejercicio que se desarrolla en esta etapa y en la competencia. Los ciclos menos costosos son recuperación y entrenamiento debido a que el ritmo de entrenamiento es constante para un atleta.

5.4.3. CANTIDAD DE ALIMENTOS DE LOS GRUPOS ALIMENTICIOS ENTRE LOS MODELOS

En la siguiente gráfica se mostrará la cantidad de grupos alimenticios de cada uno de los modelos y el costo que se necesita de cada grupo:

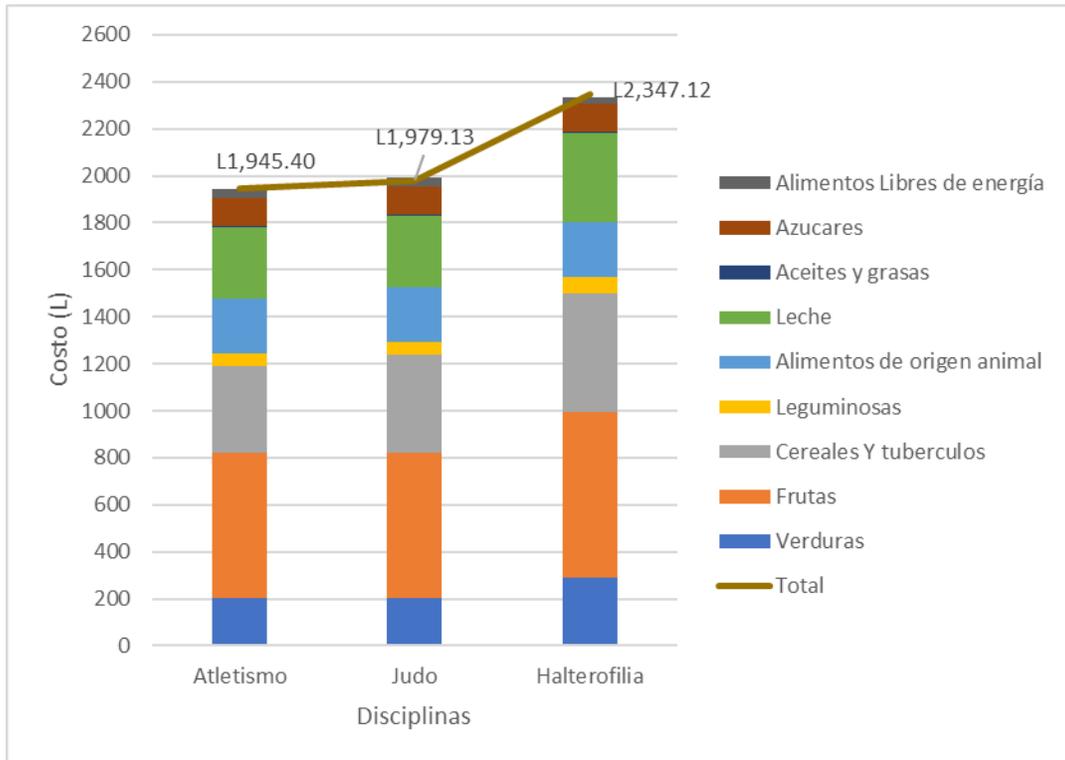


Ilustración 5- Gráfica de costo de grupo alimenticio por cada disciplina

Fuente: (Elaboración propia)

Cada disciplina necesita de frutas y verduras como fuentes principales para el desarrollo como atleta, por ejemplo, en la gráfica anterior, se puede mostrar que el costo de verduras para un modelo de 13 días es de L. 200, mientras que para el consumo de frutas es de L.600.

La disciplina más cara es la de Halterofilia debido a la gran cantidad de nutrientes que debe consumir, y las frutas que son los grupos de alimentos que más se gastan debido a que se consume mucho en cada una de las disciplinas y más en la disciplina de Halterofilia.

El costo de cada disciplina depende de la cantidad de alimentos que un atleta consume en todo el modelo, la disciplina que más consume es Halterofilia por lo cual es la disciplina que más

costo tiene, como también es la que más tiempos de comida se sugiere debido a la intensidad de ejercicios. Mientras tanto Atletismo y Judo al ser ejercicios de Fuerza y agilidad mantienen un costo bastante parecido, como tienen los tiempos de comida iguales, el consumo y la intensidad son parecidos es por eso por lo que solo varia en un modelo de 13 días, un total de 35 Lps.

En la gráfica siguiente se muestra la cantidad de alimentos de cada grupo alimenticio que se usa en más de 4 veces en el modelo de 13 días:

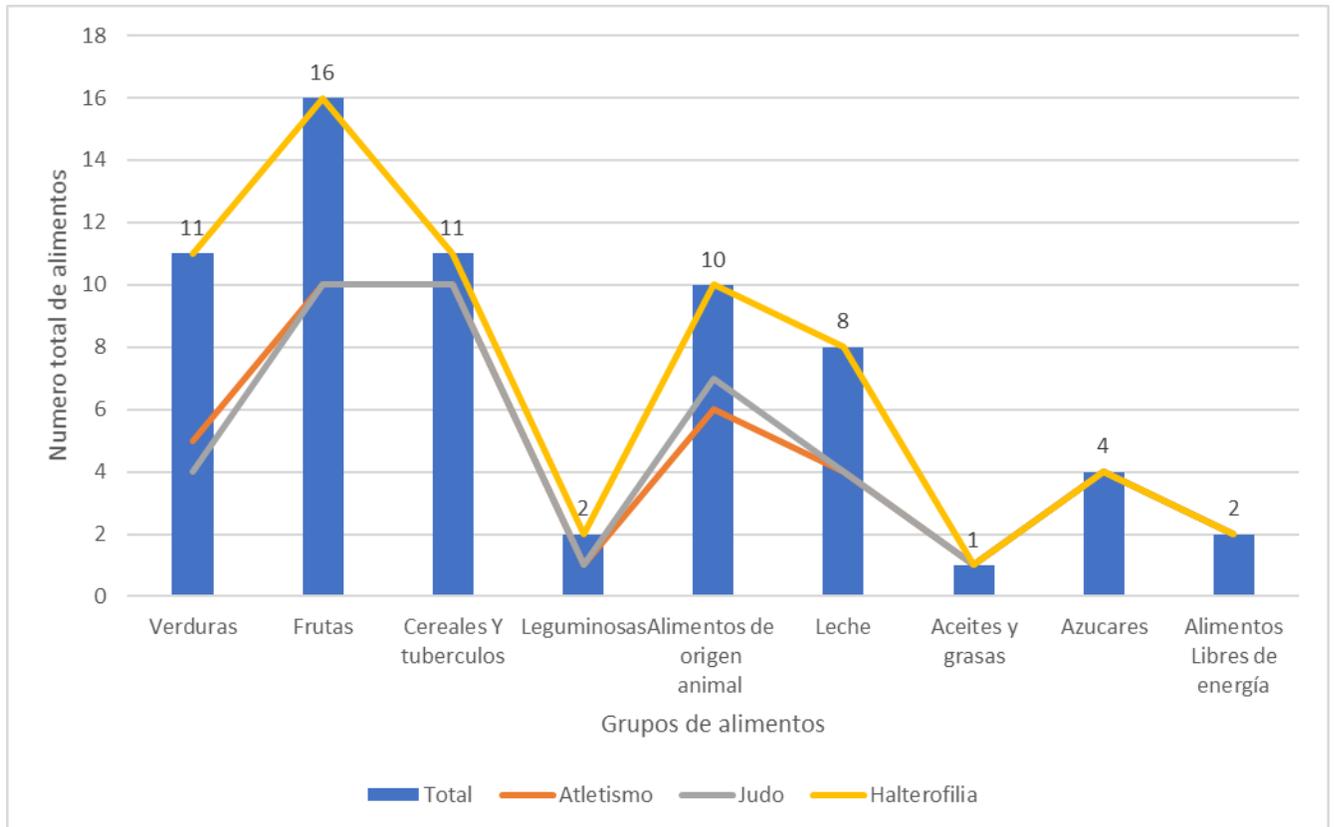


Ilustración 6- Gráfica de necesidad de consumo de alimentos por cada grupo alimenticio

Fuente: (Elaboración propia)

En la gráfica anterior se muestra que la disciplina de Halterofilia usa todos los alimentos al menos 4 veces en todo el modelo, esto debido a que es una disciplina que necesita de muchos nutrientes para su ingesta calórica y de nutrientes. Para algunos modelos como Atletismo, la ingesta de verduras se consumen al menos 5 alimentos de 11, 4 o más veces en el modelo.

Para el grupo de cereales y tubérculos se utiliza la mayor cantidad de alimentos debido a que es el grupo que más consumen los atletas, por la cantidad de hidratos de carbono y proteínas que los tubérculos tienen. Grupos pequeños como ALE o azúcares se utilizan todos debido a la poca variedad de sus alimentos.

5.4.4. COMPARACIÓN DE MACRONUTRIENTES ENTRE CADA MODELO

En la gráfica siguientes se comparó la cantidad de macronutrientes en cada ciclo de cada disciplina.

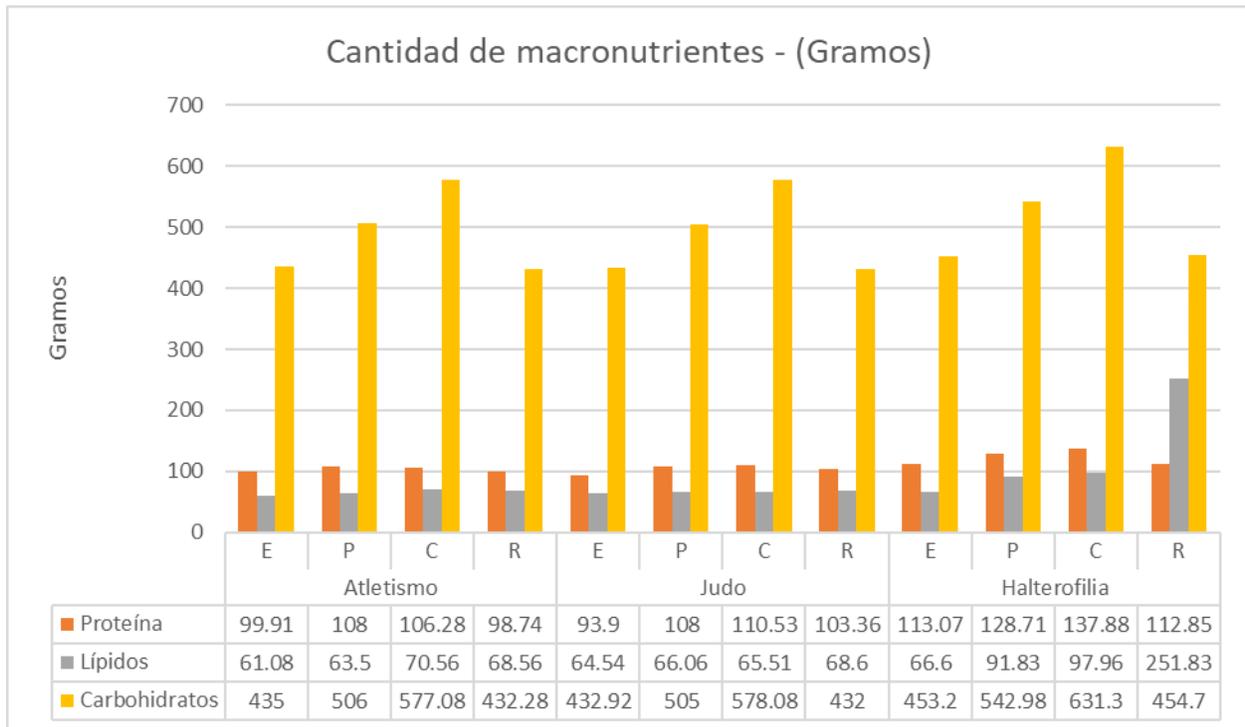


Ilustración 7- Gráfica de la cantidad de macronutrientes de cada ciclo de cada disciplina

Fuente: (Elaboración propia)

Cada disciplina debe tener como mínimo una cierta cantidad de macronutrientes para poder tener un alto rendimiento deportivo, entre las 3 disciplinas, Halterofilia es el deporte con más intensidad y fuerza por lo tanto se necesita una gran cantidad de calorías, fibra, hidratos de carbono, etc. Se

puede observar que la mayor cantidad de gramos en los macronutrientes es la disciplina de Halterofilia, y en todos los ciclos la mayor cantidad de consumo de macronutrientes se da en la competencia, donde concuerda la necesidad de estos nutrientes debido a la mayor carga e intensidad de la competición.

5.4.5. CANTIDAD DE ALIMENTOS EN PROMEDIO INGERIDOS AL DÍA

Un atleta debe de consumir más alimentos nutritivos que cualquier persona normal debido al desgaste físico y necesidad de calorías y nutrientes que el cuerpo le pide. En la siguiente grafica se muestra la cantidad de alimentos ingeridos en promedio por día de cada disciplina.

Tabla 19- Cantidad de alimentos en cada ciclo de cada disciplina

	Entrenamiento	Precompetición	Competición	Recuperación
Atletismo	34	38	42	36
Judo	35	37	43	38
Halterofilia	40	46	45	41

Fuente: (Elaboración propia)

La disciplina de halterofilia es la que más consume alimentos debido a la perdida de calorías y nutrientes a lo largo de su arduo entrenamiento día con día. En promedio en cada tiempo de comida para un deportista de halterofilia es de 6 a 7 alimentos, mientras que un atleta de Judo o Atletismo es de 5 a 6 alimentos por tiempo de comida.

5.5. RESULTADOS (MODELO B)

Se elaboró los 3 modelos de cada una de las disciplinas para la asignación de ejercicios físicos para cada atleta. Cada modelo encontró a asignación óptima de rutinas de ejercicios para minimizar el tiempo, obteniendo rutinas necesarias para cada atleta.

A continuación, se puede observar una tabla de asignación de ejercicios para la disciplina de Atletismo de la etapa 1.

Tabla 20- Asignación de ejercicios para la etapa 1 del modelo de Atletismo

Día 1

Rutina de ejercicios	Conjuntos	Repeticiones
Vuelos Laterales	4	12
Tablón	4	
Salto al Cajón	4	10
Saltar la cuerda	4	
Remo	5	12
Press 45º	5	12
Entrenamiento en cuesta (100-200m)	4	
Dominadas	2	30
Cuádriceps	4	12
Box to Box Depth Jumps	3	6
BB Bench Press	4	8
Arrastre trineo	4	5
Acelerar y mantener	2	

Día 2

Ejercicios	Conjuntos	Repeticiones
Trineo Sprints	6	2
Subir y bajar cuestas	1	1
Subir escaleras corriendo	1	
Squat	5	12
Salto frontal	4	15
Press militar	4	8

Med Ball Toss	4	6
Levantar	4	8
Dominadas	2	50
Depth Jumps	4	15
Clean pull	4	5
Biceps Femoral	4	12
Aductores	3	12
Abdominales	3	20

Día 3

Ejercicios	Conjuntos	Repeticiones
Zig-zag	1	1
Subir escaleras corriendo	1	
Split Jerk	5	15
Saltos de rana	5	20
Salto vertical a una pierna con cajón	4	20
Repeticiones en un mismo lugar	10	
Remo	5	12
Press militar	4	8
Press 45º	4	12
Poder limpiador	3	8
Patadas de Burro	2	50
Hombro con manc.	2	8
Deadlift	4	8
Correr en pesas	1	1
Clean pull	4	5
Box to Box Depth Jumps	3	6
Biceps en máquina	4	10

Día 4

Ejercicios	Conjuntos	Repeticiones
Subir escaleras corriendo	1	
Saltos pliométricos	4	5
Press Militar	5	12
Press con mancuernas	2	12
Press Banca	5	12
Polea	5	12

Depth Jumps	4	15
Correr en pesas	1	1
Burpees	4	6
Box to Box Depth Jumps	3	6
Box Jumps	4	15
Biceps Femoral	4	12
BB Bench Press	4	8
Arrebatar	4	5

Día 5

Ejercicios	Conjuntos	Repeticiones
Zig-zag	1	1
Tríceps Extensiones	4	12
Stepups explosivos	4	6
Squat Jump	4	5
Split Jerk	5	15
Repeticiones en un mismo lugar	10	
Relevos	1	1
Press Banca	5	12
Press 45º	4	12
Levantar	4	8
Extensiones de cuádriceps	4	6
Entrenamiento en cuesta (100-200m)	15 min	
Clean pull	4	5
Biceps Curl	4	12
Aductores	3	12

Fuente: (Elaboración propia)

5.6. ANÁLISIS (MODELO B)

Para el proceso de análisis del modelo B se tomaron en cuenta varios elementos para comparar el estudio de cada modelo, y la interacción entre ambos, los elementos son los siguientes:

- Comparación de tiempos entre los modelos
- Análisis de calorías gastadas entre los modelos

- Comparación de ejercicios de fuerza de cada disciplina
- Cantidad de ejercicios realizados al día

5.6.1. COMPARACIÓN DE TIEMPOS ENTRE LOS MODELOS

Para un atleta la práctica de cada uno de los ejercicios para desarrollar su cuerpo es muy importante, además de dedicar el tiempo disponible, por lo tanto, en la tabla siguiente se analizó una comparación de tiempos entre los modelos, para verificar cuanto es el tiempo que realiza en promedio un atleta en cada disciplina en 20 días.

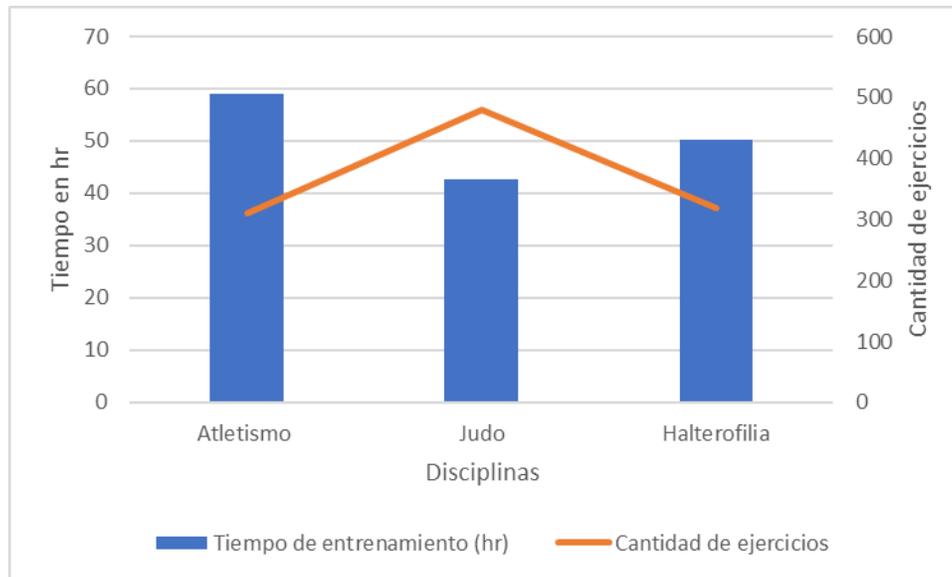


Ilustración 8-Gráfica de comparación de tiempos entre los modelos

Fuente: (Elaboración propia)

La disciplina de atletismo (100-200 mts planos) abarca mucho entrenamiento en diversas áreas de entrenamiento, debido a la potencia, velocidad y resistencia por lo tanto como se observa en la gráfica es la disciplina con más tiempo de entrenamiento, mientras que la disciplina de Judo es la que contiene mayor cantidad de ejercicios, ya que es una disciplina que se deben desarrollar muchas partes del cuerpo.

5.6.2. ANÁLISIS DE CALORÍAS GASTADAS ENTRE LOS MODELOS

Para analizar la cantidad de intensidad que posee cada disciplina se debe analizar la cantidad de calorías consumidas en cada una de las disciplinas como lo muestra la gráfica siguiente:

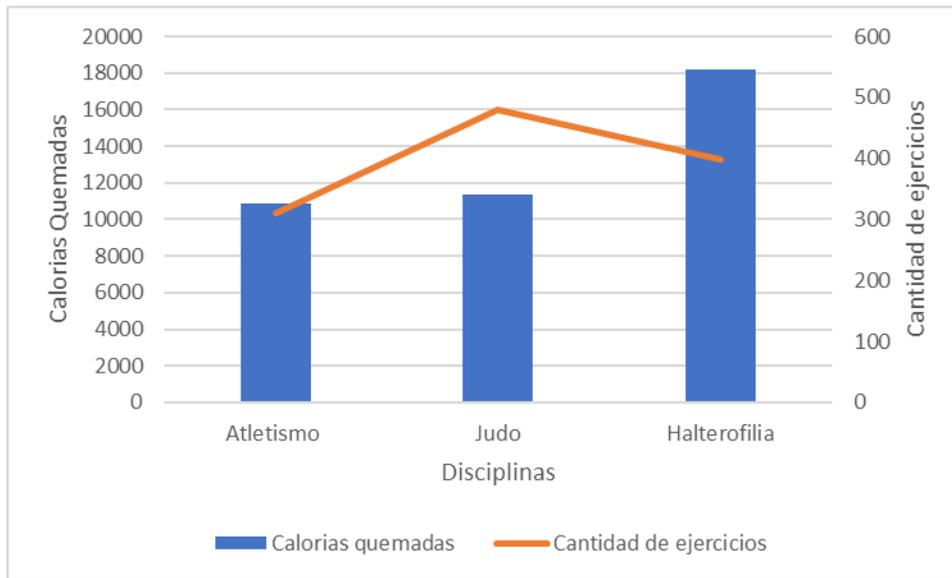


Ilustración 9 - Calorías gastadas en cada una de las disciplinas

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la gráfica Halterofilia es la disciplina deportiva que más gasto calórico genera debido a la intensidad de cada uno de los ejercicios que ellos realizan. Halterofilia es una de las disciplinas donde se debe de realizar ejercicios de fuerza para varias partes del cuerpo, debido a la cantidad de potencia y fuerza que debe levantar un atleta.

5.6.3. COMPARACIÓN DE EJERCICIOS DE FUERZA DE CADA DISCIPLINA

Se analizó una comparación del tiempo invertido en ejercicios de fuerza para cada una de las disciplinas, como lo muestra en la siguiente gráfica:

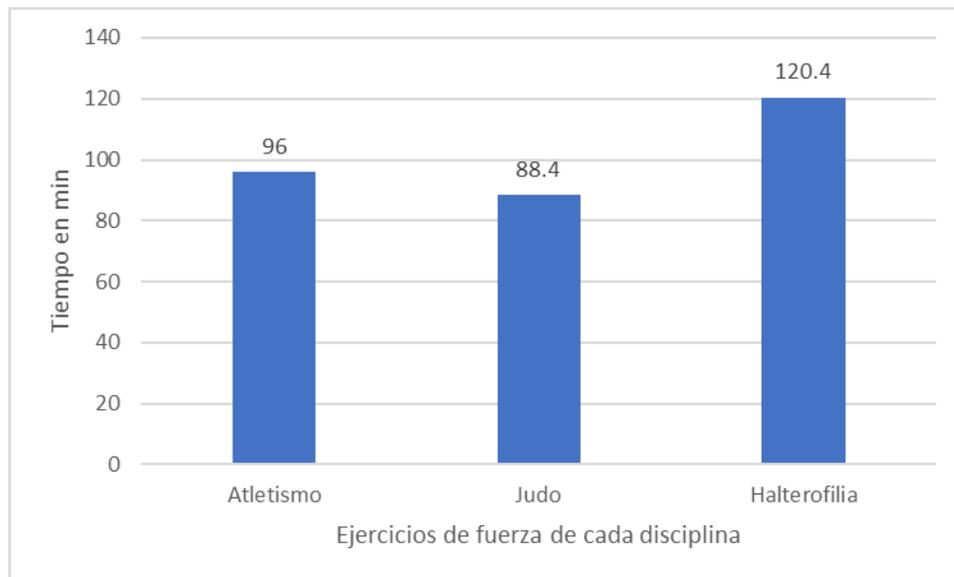


Ilustración 10 – Tiempo de ejercicios de fuerza

Cada una de las disciplinas involucran un aspecto fundamental para el desarrollo como atleta. La fuerza es un aspecto fundamental para la disciplina de Halterofilia, como también para Atletismo, estas 2 disciplinas pertenecen al grupo de deportes de fuerza, como lo muestra la gráfica dedican más de 1 hora y media en el tipo de fuerza. Para la disciplina de Judo la fuerza juega también un papel importante para el desarrollo de un atleta de élite, por lo tanto, en promedio al día se debe invertir más de 1hr y 20min para por desarrollarse completamente.

5.6.4. CANTIDAD DE EJERCICIOS PROMEDIO REALIZADOS AL DÍA

Se realizó un análisis de la cantidad de ejercicios realizados por cada una de las disciplinas al día, un atleta de alto rendimiento debe de prepararse lo más posible desde la etapa 1 de entrenamiento para poder tener un alto rendimiento, a continuación, se muestra en la gráfica la cantidad de ejercicios promedio al día:

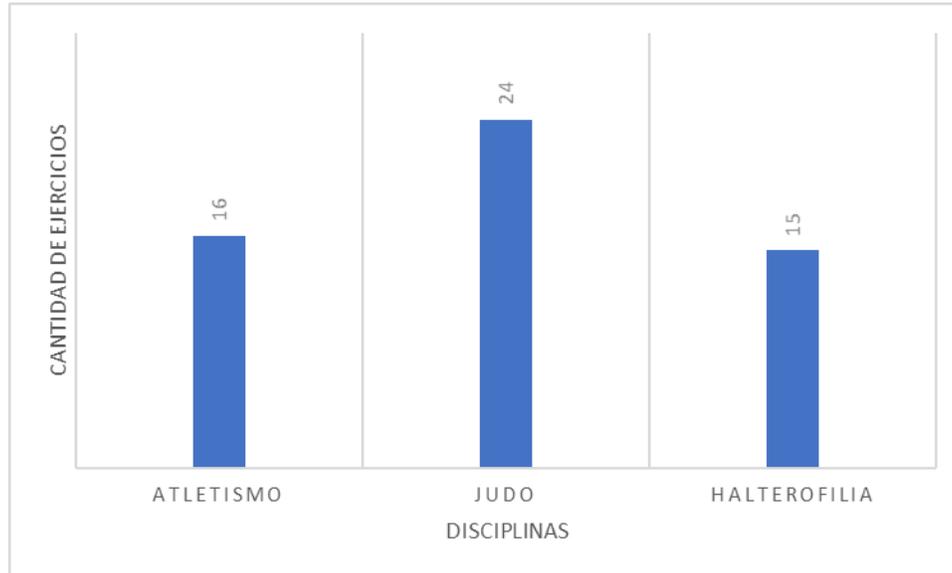


Ilustración 11 – Cantidad de ejercicios al día

Fuente: (Elaboración propia)

La complejidad de la cantidad de ejercicio se comprueba en el modelo de rutinas físicas de Judo, la disciplina de Judo que es un deporte de combate debe fortalecerse en cada una de las partes del cuerpo y practicar diferentes técnicas en la etapa de competición, por lo tanto, es la disciplina donde se practican diferentes ejercicios para mejorar las habilidades para la competición.

5.7. VALIDACIÓN

Para poder determinar que los planes de alimentación y las rutinas físicas sean las correctas, se determinó una serie de pasos para determinar si el modelo es válido y/o aplicable para un atleta hondureño. Los pasos son los siguientes:

1. Realizar una serie de entrevistas personalizadas para atletas, preparadores físicos y nutricionistas acerca del objetivo de cada uno de los modelos, y determinar cambios necesarios para replantear la elaboración de los modelos.
2. Mostrar los resultados de los 3 planes de alimentación (Atletismo, Judo, Halterofilia) a 2 nutricionistas graduadas para la evaluación de este.

3. Mostrar los resultados de los 3 planes de rutinas físicas (Atletismo, Judo, Halterofilia) a Rolando Palacios (Atleta Olímpico) y Ricardo Escobar (Preparador Físico hondureño) para la evaluación de cada plan de rutina
4. Determinar si es válido o no, mediante resultados de encuestas de aplicabilidad y comentarios de cada uno de los especialistas en nutrición.

5.7.1. PASO 1: ENTREVISTAS A ESPECIALISTAS

Luego de determinar cada uno de los resultados de cada submodelo, se recurrió a entrevistas a los especialistas para evaluar los posibles cambios al modelo ya sea de ejercicios físico, o de plan alimenticio.

Para el modelo A de plan alimenticio se tomaron en cuenta las opiniones de los siguientes expertos:

1. **Dra. Diana Méndez Oyuela**, Jefe Académico de la carrera de Nutrición UNITEC
2. **Dra. Lourdes Manzanares**, Lic. en Nutrición, UNAH.

Para el modelo B de asignación de rutinas físicas se tomaron en cuenta la opinión de los siguientes expertos:

1. **Lic. Ricardo Escobar**, maestro y Licenciado en Educación Física, graduado en UNAH
2. **Rolando Palacios**, velocista olímpico de 100, 200 mts en JJOO de Pekín 2008 y Rio 2016.

5.7.1.1. *Modelo A*

Para el primer modelo se tomaron en cuenta la opinión de las nutricionistas, dentro de los cambios nuevos que sugirieron están:

1. Evitar el consumo de cítricos con lácteos, ya que puede ocasionar daños estomacales
2. Evitar el consumo del atún con aceite, debido a la cantidad de grasa que estas constituyen.
3. Aumentar la cantidad de consumo de hidratos de carbono en las etapas más exhaustivas de un atleta.

5.7.2. PASO 2: VALIDAR LOS RESULTADOS DEL PLAN ALIMENTICIO

Luego de determinar los cambios leves al modelo, se le preguntó a cada nutricionista la aplicabilidad de cada modelo para un atleta y mediante su análisis de cada modelo surgieron los siguientes comentarios de cada plan alimenticio para cada disciplina:

Comentarios pro del modelo:

- El plan alimenticio de atletismo tiene los requerimientos nutricionales correctos tanto de macronutrientes como de micronutrientes de las 3 disciplinas.
- Cumple con las calorías requeridas para el consumo de los alimentos.
- La cantidad de tiempos de comida en cada una de las etapas es la correcta.
- La cantidad de alimentos a considerar es la adecuada, además estaba de acuerdo con el uso del sistema mexicano de alimentos, pero también sugirió basarse en la guía alimentaria para Honduras.
- La cantidad de alimentos de cada grupo alimenticio era la indicada
- El consumo de frutas y verduras del plan alimenticio es la correcta.

Comentario en contra del modelo:

- Mejorar la combinación de los alimentos, este comentario concordó ambas nutricionistas que la combinación de las comidas en varios casos era poco agradable. En solución a esto era hacer plan alimenticio por cada día, y no por tiempo. Esto quiere decir dar una lista de alimentos, y que el atleta pueda elegir en que tiempo de comida consume cada alimento
- Limitar la variedad de los alimentos. "No comer 13 o 14 raciones de comida diferente en cada tiempo o tiempos sucesivos" En solución a esto se propuso la restricción de no comer más de 12 alimentos por tiempo de comida.
- Aumentar el número de porciones, en vez de comer 1 porción de cada alimento. Por ejemplo: En vez de comer Yuca y Papa, comer 2 porciones de Papa, para limitar variación.

- Reducir la variabilidad de la cantidad de proteínas consumidas por cada día (esto aplica solo al modelo de Atletismo) ya que un día se consume 60 gramos de proteína y a otros 115 gramos de una misma etapa. En los demás modelos esta correcta la asignación.

Como conclusión el plan alimenticio es el adecuado en términos de la cantidad de nutrientes para cada tipo de disciplina, se consideró correctamente las calorías y macronutrientes, como también la distribución por día, y ciclo de cada plan alimenticio, como mejora principal al modelo es una mejor combinación de alimentos.

5.7.3. PASO 3: VALIDAR LOS RESULTADOS DEL PLAN DE RUTINAS FÍSICAS

Para poder determinar la aplicabilidad de cada modelo de rutinas físicas de cada disciplina, primero se realizó una entrevista con el Preparador físico Ricardo Escobar, donde consideró los siguientes aspectos a favor y en contra o de mejora del modelo:

Comentarios a favor del modelo de rutinas:

1. La cantidad de ejercicios es la adecuada, tal vez con el tiempo se puede considerar más ejercicios y hacer combinaciones entre ellos.
2. La clasificación de cada uno de los ejercicios de cada disciplina es la adecuada, los atletas realizan diferentes ejercicios para cada tipo de rutina.
3. La cantidad de tiempo de descanso es la adecuada.
4. Y el tiempo de cada rutina es la adecuada, pero para esto se debe de incluir tiempo de cardio, ejercicios anaeróbicos, nadar, etc. Por lo tanto, si un modelo se tarda 2hr y media, sería más horas debido al tiempo de calentamiento y desarrollo de otras habilidades.

Comentario en contra o de mejora:

1. El entrenamiento en muchísimos atletas es personalizado, no siempre realizan las mismas rutinas, se analiza muy bien al atleta, por lo tanto, cada modelo varia para cada persona, peso, altura, condición física, contextura, desarrollo, biotipo etc. Por lo tanto, el modelo es muy general.

2. Para cada tipo de disciplina existe una gran variedad de ciclos del atleta dentro de las etapas, microciclos, macrociclos, ciclos cortos, etc., por lo tanto, este modelo de las 3 disciplinas solo puede aplicarse al ciclo de entrenamiento.
3. En el modelo de Judo dependerá del nivel del atleta, si es un atleta principiante se deberá agregar ejercicios que le ayuden a desarrollar rutinas futuras de ejercicios para expertos.
4. Este es un modelo de 20 días, un atleta se prepara de 3 a 4 años.

Como conclusión el modelo de Rutinas físicas desarrollado es adecuado, pero muy general. Como menciona Rolando y Ricardo, un preparador físico desarrolla las habilidades de los atletas de manera personalizada, por lo tanto, este modelo pueda servirle a un atleta, pero tal vez a otro no, se consideran muchísimos aspectos muy bien estudiados para desarrollar un atleta de elite.

También Ricardo que las rutinas están muy bien, en termino de que se dividió bien los tipos de ejercicio, la cantidad de tiempo dedicado para cada ejercicio, y a día en general.

5.7.4. PASO 4: ENCUESTA DE APLICABILIDAD PARA CADA MODELO

Para determinar de manera cuantitativa el resultado generado por el modelo de plan alimenticio, se desarrolló una encuesta de aplicabilidad para cada nutricionista, para validar y evaluar en varios aspectos el modelo:

- Aplicabilidad según el costo
- Cantidad de alimentos diario
- Cantidad de frutas y verduras
- Cantidad de tubérculos
- Cantidad de macronutrientes y micronutrientes
- Implementación para a un atleta.

Los resultados de las 6 encuestas, (1 por cada modelo y nutricionista) son los siguientes:

5.7.4.1. Aplicabilidad según el costo

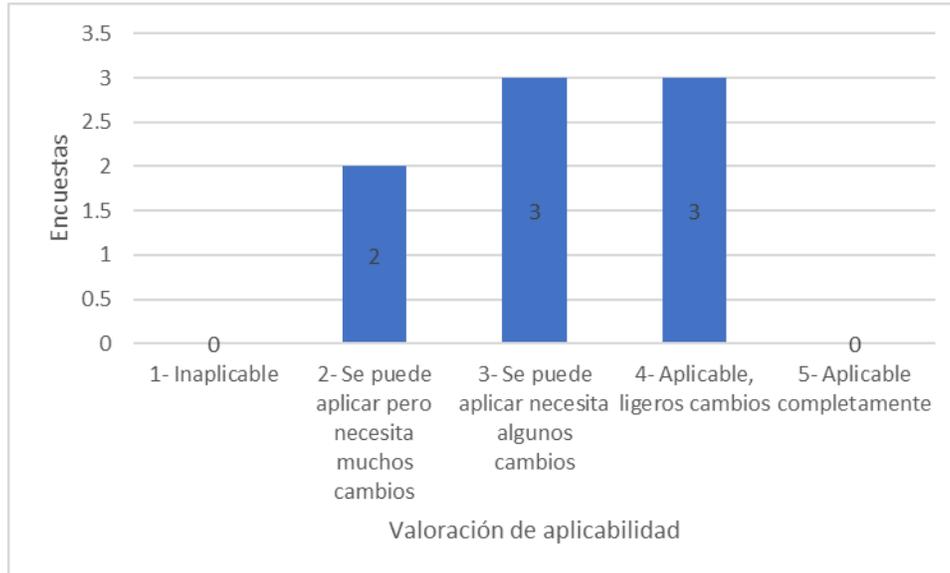


Ilustración 12 - Gráfica de aplicabilidad según costo

Fuente: (Elaboración propia)

Según la aplicabilidad las nutricionistas evaluaron que se puede aplicar pero que necesita varios cambios. En esos cambios esta de mejorar la combinación de los alimentos y reducir la variabilidad de tantos alimentos sen un tiempo de comida.

5.7.4.1. Cantidad de alimentos diarios

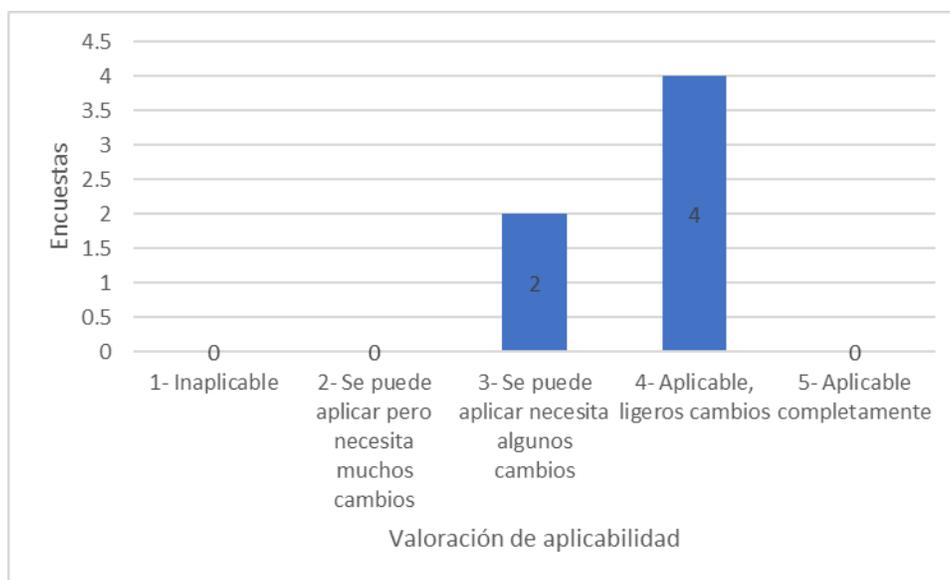


Ilustración 13- Gráfica de validación de cantidad de alimentos

Fuente: (Elaboración propia)

En cuanto a la cantidad de alimentos concluyen que es aplicable pero que se deben general algunos cambios para reducir la cantidad de alimentos mencionaba la Dra. Lourdes y aumentar las raciones de otros alimentos para disminuir variabilidad de consumo.

La Dra. Lourdes y Dra. Diana concluyen que el modelo de Halterofilia es el más cercano a aplicarse. La Dra. Lourdes mencionaba que el de Atletismo y Judo se debe de disminuir la variabilidad de proteínas.

- Cantidad de frutas, verduras y cantidad tubérculos

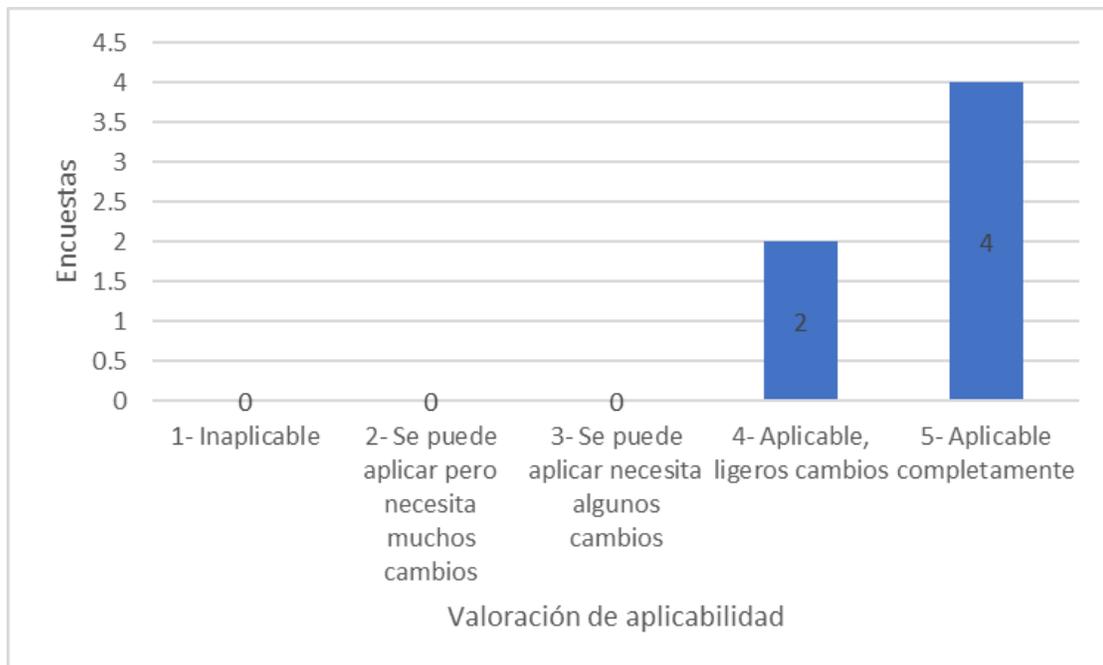


Ilustración 14- Validación cantidad de frutas y verduras

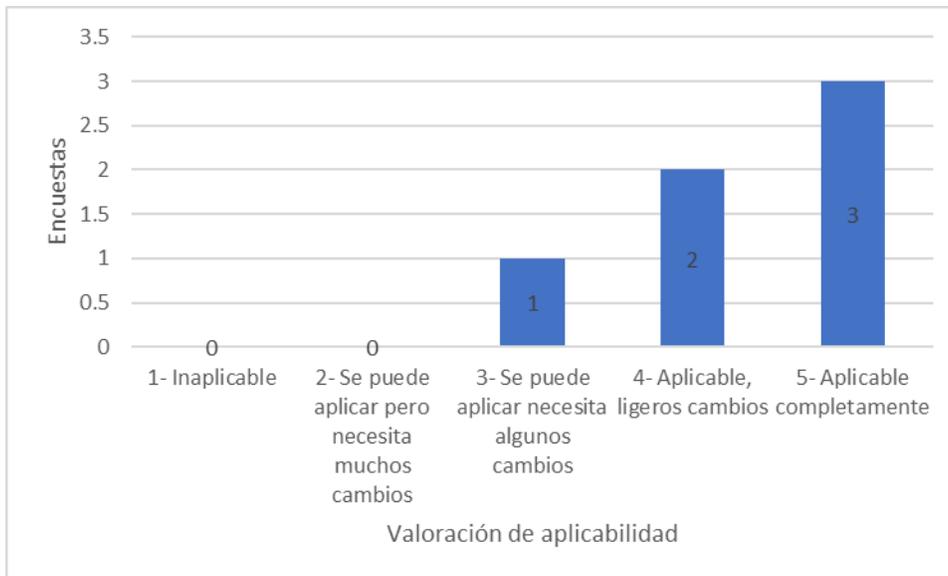


Ilustración 15- Validación cantidad de tubérculos

Fuente: (Elaboración propia)

La cantidad de frutas y verduras, como de tubérculos tienden a ser aplicables, y consideradas correctas, el único modelo donde considera la Dra. Lourdes es el modelo de Atletismo que se debe disminuir un poco la cantidad de tubérculos.

5.7.5. CANTIDAD DE MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES

Tener la cantidad de macronutrientes y micronutrientes necesarios para un atleta es fundamental para que el deportista rinda en su disciplina, la evaluación se muestra en la siguiente gráfica:



Ilustración 16- Gráfica de validación de cantidad de macro y micronutrientes

Fuente: (Google forms)

Las nutricionistas concretaron que la cantidad de macronutrientes y micronutrientes es la correcta para cada disciplina, debido a que la ingesta de todos los alimentos permite que un atleta tenga los insumos necesarios para desarrollar sus rutinas.

5.7.6. IMPLEMENTACIÓN PARA A UN ATLETA.

Como ultimo ítem se preguntó a los nutricionistas si se puede implementar el plan alimenticio para cada disciplina.

En la siguiente tabla se muestra las calificaciones de 1 a 10, de cada modelo por cada nutricionista:

Tabla 21- Calificaciones para cada modelo

	Modelo		
	Atletismo	Judo	Halterofilia
Dra. Lourdes	7	7	8
Dra. Diana	7	8	8

Fuente: (Elaboración propia)

El modelo de Atletismo y Judo se puede implementar, pero se necesitan varias mejoras como reducir la variabilidad de proteínas, mejorar la combinación de las comidas, al igual que el modelo de Halterofilia, se debe mejorar la combinación de alimentos como reducir la variabilidad de alimentos consumidos en un mismo tiempo de comida.

VI. CONCLUSIONES

1. Se creó 3 submodelos matemáticos de la asignación de alimentos para cada una de las disciplinas: Atletismo, Judo y Halterofilia. La asignación de alimentos para cada disciplina se dividió por tiempos de comida, 4 ciclos del atleta y se determinó un plan alimenticio de 13 días donde se minimizó el costo de cada modelo; donde para ingerir la cantidad de nutrientes necesarios, el atleta de Halterofilia debe invertir la cantidad de L. 2,347 para 13 días, mientras que el costo del plan alimenticio de Judo y Atletismo es de L.1,979 y L.1,945 respectivamente.
2. Se diseñó 3 submodelos matemáticos para asignación de las rutinas físicas para cada una de las tres disciplinas. Esta asignación de rutinas se dividió dependiendo del tipo de ejercicio que debe realizar cada atleta en un plan de rutinas para 20 días diferentes para la etapa de entrenamiento; donde para desarrollar las habilidades, el atleta de Atletismo (100- 200 mts planos) debe de ejercitarse como mínimo 59 horas, el atleta de Judo deberá tener una rutina de 42.5 hrs, mientras que el de Halterofilia deberá ejercitarse como mínimo 50 hrs, todo esto en un plan de 20 días.
3. Se validó los 2 modelos de asignación de plan alimenticio y de rutinas físicas por especialistas de nutrición, atletas y preparadores físicos, donde se determinó que el plan alimenticio se puede aplicar debido a la correcta asignación de macro y micronutrientes del modelo, en la evaluación de aplicabilidad se obtuvo un promedio de 7 en el modelo de Atletismo, y de 8 en el modelo de Judo y Halterofilia en base a 10, por lo que se necesita varios cambios como una mejor combinación de alimentos, pero se puede aplicar mientras que el modelo de rutinas físicas no se puede implementar, porque se debe personalizar más los ejercicios dependiendo el biotipo de cada atleta.

VII. RECOMENDACIONES

1. Debido a la complejidad del modelo de asignación de alimentos y al tiempo de resolución en Open Solver, se recomienda realizar modelos pequeños en vez de realizar modelos grandes para evitar perder tiempo, así como también se recomienda realizar disciplinas por aparte y no en un solo modelo, así se ahorra tiempo de resolución como también detectar algún problema en el Excel más fácilmente.
2. Para poder cumplir con las necesidades nutricionales y una correcta asignación de un plan alimenticio, es prudente realizar varias entrevistas a nutricionistas poco a poco durante la realización del modelo, para evitar futuros cambios que puedan provocar una demora notable en la entrega final de una investigación.
3. Para efectos de realización de un plan de asignación de rutinas físicas, se recomienda definir desde un inicio que tipo de atleta se desea estudiar, que características físicas posee, peso, altura, contextura, para poder llegar a un modelo más personalizado y menos generalizado.

VIII. APLICABILIDAD/ IMPLEMENTACIÓN

La aplicabilidad de la presente investigación para la asignación de alimentos se podría aplicar, pero se tendría que realizar un plan alimenticio basado en días y no en tiempos de comida, por lo cual el atleta se le asigna el plan alimenticio diario, y él elige en que tiempo de comida consumirlo, ya que existe demasiada variedad y cantidad de alimentos en varios tiempos de comida del modelo realizado. Mientras que para el modelo de rutinas físicas no se podría implementar debido a que se tuvo que tomar en consideración muchos factores que están fuera del alcance del proyecto para asignar rutinas, como lo es factores físicos, de biotipo, contextura, y habilidad en cada una de las disciplinas.

IX. EVOLUCIÓN DEL TRABAJO ACTUAL/TRABAJO FUTURO

Con el propósito de brindar un modelo más preciso para la asignación de nutrientes y ejercicios físicos, la presente investigación para poder realizar un trabajo futuro se puede tomar en cuenta varios aspectos que resultaran de mucho beneficio para aumentar el rendimiento de los atletas. Se considera analizar en futuro los siguientes aspectos:

- Analizar planes alimenticios más personalizado dependiendo el tipo de los atletas de varias disciplinas olímpicas.
- Determinar planes de rutinas físicas tomando en cuenta todas las etapas de cada disciplina, desde microciclos hasta macrociclos.
- Crear una herramienta donde cualquier tipo de atleta independientemente de su biotipo y habilidad, mediante una macro pueda determinar un plan alimenticio y rutinas físicas.
- Mediante diseño de experimentos poder establecer pruebas de implementación de análisis de aumento rendimiento, donde se aplique un antes y un después de aplicar los modelos optimizados de asignación de alimentos como de rutinas físicas.

Luego que estos análisis de asignaciones sean planes muchos más largos, donde comprendan los ciclos totales de cada atleta desde iniciación como atleta hasta su completa formación.

X. BIBLIOGRAFÍA

Ackoff, R.L, & Sasieni M, W. (1978). *Métodos y modelos de investigación de operaciones*.

Artiga, G. (2006). *Desarrollo un modelo de programación lineal, para la planificación y control de tiempos y movimientos en la producción y maximización de la utilidad de la Planta de Concentrado de la EAP, Zamorano*.

Bogdan, A. (2017). OPTIMIZACIÓN DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA PARA MEJORAR EL PERFIL HORIZONTAL DE FUERZA-VELOCIDAD-POTENCIA EN VELOCISTAS DE ALTO RENDIMIENTO. 2017.

Calorías quemadas a través del ejercicio. (s. f.). myfitnesspal.
<https://www.myfitnesspal.com/es/exercise/lookup>

Carbajal Azcona, Á. (2003). *Manual de Nutrición y Dietética*. Universidad Complutense de Madrid.

Carro, R. (2009). *Investigación de operaciones en administración*. PINCU.

Castillo, E., Conejo, A., Pedregal, P., & García. (s. f.). *Formulación y Resolución de Modelos de Programación Matemática en Ingeniería y Ciencia*.

Churmann, Ackoff, & Arnoff. (1978). *Introducción a la Investigación de operaciones*. Aguilar.

Comisión Olímpica Internacional. (2012). *Nutrición para deportes*.

El instituto de Medicina, Junta de Alimentos y Nutrición. (2005).

Escobar, Garces, & Restrepo. (2012). *Aplicación de la programación entera binaria para resolver el problema simple de balanceo de línea de ensamble: Un caso de estudio*.

Escobar, R. (2020). [Comunicación personal].

Facultat de Ciències de l'Esport Blanquerna. (2017). *Entrenamiento del CORE en judo*.

FAO. (s. f.). *Consumo de nutrientes*.

FIFA. (2020). *Historial Mundiales de futbol*. Fifa.com

Galindo. (s. f.). *PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS APOYADA CON PROGRAMACIÓN LINEAL*.

Gerda de Vries. (2001).

Grande Covián. (1984). *Nutrición y Salud*.

Hernández Sampieri, R., Fernando Collado, C., & Baptista. (1997). *Metodología de Investigación*.

Hillier, F., & Lieberman, G. (2015). *Introducción a la Investigación de Operaciones* (Novena). McGraw Hill.

Honduras: Panorama general. (s. f.). [Text/HTML]. World Bank. Recuperado 24 de mayo de 2020, de <https://www.bancomundial.org/es/country/honduras/overview>

Jiménez, S. (2018). *El deporte en Honduras «en agonía», según el presidente del Comité Olímpico: CENTROAMERICANOS Y DEL CARIBE 2018 HONDURAS* [Entrevista]. <https://search.proquest.com/docview/2064462618?accountid=35325>

Kurtantek. (2011). *Optimization of the daily nutrient composition of daily intakes during gestation*.

Lameiras, J., Almeida, P. L., Pons, J., & García-Mas, A. (2014). *Incorporación de una rutina para la optimización del rendimiento deportivo / Rotine incorporation for the optimization of sport performance—ProQuest*. <https://search.proquest.com/docview/2258247120/B3BB458CC0FA4A28PQ/1?accountid=35325>

- Lieberman, G., & Hillier, F. S. (1995). *Introducción A La Investigación De Operaciones* (Novena). McGraw-Hill.
- Luenberger. (1989).
- Magdic, Gajdoš Kljusuric, Matijevic, & Frketic. (2013). *Analysis of diet optimization models for enabling conditions for hypertrophic muscle enlargement in athletes*. 18-28.
- Mahan, Escott, & Krause. (2007). *Nutrición y dietoterapia de Krause*.
- Maldonado, L. (2013). *El modelamiento matematico en la formación del ingeniero* (Primera). Universidad Central.
- Manso García, J. (1999). *La fuerza: Fundamentación, valoración y entrenamiento*.
- Melkonian, V. (2019). An Optimization Model for Exercise Scheduling. *American Journal of Operations Research*, 1-14.
- Melo, R., & Gutierrez Ascón, J. (2018). *Application of Linear Programming to optimize the cost of a balanced diet*.
- Monroy Cornejo, S. H. (2009). *El Estudio De Caso: ¿Método o Técnica de Investigación?* 27.
- Montenegro, D. (2019). Linear Programming as a tool to fulfill nutritional requirements using the Honduran Basic Food Basket. *LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*.
- Morales, E. (s. f.). *Alimentos que no se deben consumir*. <https://mejorconsalud.com/alimentos-que-no-se-deben-combinar/>

- Olivos, C., Cuevas, A., Álvarez, V., & Jorquera, A. (2012). *Nutrición para el entrenamiento y la competición.*
- Otero Lamas, B. (2012). *Nutrición* (Vol. 1). Red Tercer Milenio.
- Palacios, R. (2020). [Comunicación personal].
- Parvathy Mohan, S. (2011). Optimized diet design using linear programming. *Pushpagiri Institute of Medical Sciences & Research Centre Tiruvalla.*
- Pérez, A. B., Palacios González, B., Castro Becerra, A. L., & Flores, I. (s. f.). *Sistemas Mexicano de alimentos equivalentes* (4ta ed.).
- Pettiti, E. (1999). *RECOPIACIÓN DE CONTENIDOS TEÓRICOS A DESARROLLAR CON ALUMNOS DE ESCUELA MEDIA EDUCACION FISICA.*
- Phillips, Moore DR, & Tang. (2007). *Critical examination of dietary protein requirements, benefits, and excesses in athletes.* (Vol. 17).
- Rodríguez, M., & Pasquetti, A. (2004). *Micronutrientes en deportistas.* 12.
- Rosenbloom. (1993). *C.Sports Nutrition* (Tercera).
- Sánchez Samayoa, M. E. (2004). *Historia de la nutrición.*
- Sichieri, Darmon, Maillot, & Sarti. (2019). *Planning dietary improvements without additional costs for low-income individuals in Brazil: Linear programming optimization as a tool for public policy in nutrition and health.*

Soto Silva, & Reinoso Ortiz. (2004). *EMPLEO DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL EN LA FORMULACIÓN DE RACIONES AL MÍNIMO COSTO PARA LA SUPLEMENTACIÓN DE RUMIANTES A PASTOREO.*

Taha, H. A. (2012). *Investigación de operaciones* (Novena). Pearson Educación.

UNESCO. (s. f.). *UNESCO.*

XI.ANEXO

Anexo 1. Cantidad de nutrientes de cada porción por alimento

Tabla 22 - Cantidad de nutrientes por porción de cada alimento

#	Alimento	Peso (g)	Macronutrientes					Micronutrientes												
			Energía cal	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitaminas			Elementos									
								Vitamina A(Mg)	Vitamina C	Ácido Fólico (mg)	Colesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina	Zinc	Magnesio
1	Café	8	32	0.2	0.4	6.9	0	0	0	0	0.0144	0.038	0.035	5.5	0.00016	0.002288	0	0.008	0.00024	
2	Té	10	41	0	0.1	10.1	0	0	0	0	0.0005	0.000226	0.604	9.7	0.0003	0.0239	0	0.169	0.0001	
3	Atun	33	43	7.9	1	0	0	0.002	0	0.0141	0.00396	0.03	0.00333	0	0.000132	0.008811	0.00066	0.1551	0.001122	
4	Camaron	32	32	6.5	0.4	0.2	0	0	0.00066667	0	0.0806	0.2486	0.0007	0.06066667	0	0.0464	0.04566667	0.01	0.52	0.01133333
5	Carne de cerdo	40	56	7.9	2.5	1.5	0	0.0004	0.001	0	0.026	0.0328	0.0005	0.17	0	0.00096	0.0996	0.408	1.012	0.0112
6	Carne de pescado	39	35	7.3	0.05	0.1	0	0.0039	0	0	0.0187	0.0316	0.0001	0.00268	0	0.00195	0.01053	0.00312	0.1755	0.001248
7	Carne de res	30	54	6.2	3	0	0	0.018	0.000007	0	0.00068	0.0195	0.0009	0.00297	0	0.00054	0.0039	0.0033	10	0.00075
8	Huevo	44	78	5.5	4.7	0.5	0	0.0739	0	0	0.1866	0.0546	0.0005	0.05544	0.484	0.0022	0.00946	0.00308	2.45	0.00044
9	Jamon de pavo	42	54	8	2.1	0.1	0	0	0	0	0.0236	0.4185	0.0012	0.1004	0	0.0044	0.0732	0.036	0.624	0.0064
10	Mantequilla	6	47	0.1	5.3	0	0	0.044982	0	0	0.0142	0.0006	0	0.00144	0.006	0.000144	0.000144	0	0	0.000012
11	Pollo	30	62	8.7	1.2	0	0	0.0024	0	0.38	0.0231	0.0195	0.0003	0.0669	0	0.00045	0.0039	0.0027	0.612	0.00075
12	Salmon	30	55	6	3.2	0	0	0.0046	0.00117	0.016	0.0176	0.0176	0.0001	0.1089	0	0.00027	0.0039	0.0018	0.132	0.00285
13	Aceite	5	44	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Gelatina	121	10	1	0	0.4	0	0	0	0	0.056	0.00013	0.007	3.1	0.003	0.141	0	0.01	0.002	
15	Chocolate negro	14	70	0.7	4.4	8	7	0.0021	0.000028	0	0.00112	0.0005	0.00112	0.07826	6.3	0.000784	0.000336	0.00084	1.5	0
16	Mermelada de ma	43	40	0	0	10	0.2	0.003	0.00005	0	0	0.05	0.00043	0.03311	10	0.00086	0.000301	0	0.172	0.000086
17	Miel	14	43	0	0	11.5	0	0	0.00007	0	0	0.0006	0.000056	0.00728	11.5	0.000084	0.000056	0	0.0308	0.000028
18	Arroz	47	60	1.1	0.1	13.3	0.1	0	0	0.026	0	0	0.0007	0.02021	0.047	0.0014	0.005076	0.02726	1.01	0.001845
19	Avena	26	65	4.6	1.9	17.5	4.1	0	0	0.0136	0	0.0009	0.0014	0.165	0.3	0.0153	0.2015385	0.29230769	1.52692308	0.06807692
20	Cereal	19	68	1.9	1.1	12.6	1.9	0.159144	0.007315	0	0.0531	0	0.01995	2.8	0	0.009652	0.02375	0.095	0.004066	
21	Galletas Saladas	16	69	1.4	2.1	11.2	0	0.003936	0	0.0011	0.00048	0.176	0.0003	0.01936	3.2	0.0078	0.001616	0.00144	0.1328	0.000352
22	Granola	18	70	1.5	1.1	14.1	1.1	0.001782	0.000162	0.0367	0	0.0441	0.0007	0.06048	4.4	0.007	0.008226	0.01332	0.7398	0.00315
23	Macarrones	195	101	4.1	2.9	14.6	0.6	0.017	0	0.0105	0.006	0.0312	0.001	0.084	1.4	0.0429	0.047	0.1	0.45	0.009
24	Pan	25	62	2.4	2.1	9.6	1.6	0.000075	0	0	0.083	0	0.04125	1.5	0	0.002575	0.01025	0.017	0.00065	
25	Panqueque	20	80	1.3	4.3	9.8	0.2	0	0	0	0	0.0714	0.0003	0.191	5.7	0.0104	0.627	0.61	0.84	0.031
26	Espaguetis	60	78	3.2	1.1	14	0	0.0036	0	0.0116	0.0198	0.0495	0.0007	0.0144	2.88	0.0063	0.01992	0.006	0.027	0.00054
27	Tortilla de harina	56	95	3.2	1.9	19.8	0.1	0	0	0	0	0.2148	0.0003		0.1	0.019	0.04428571	0.19285714	0.19285714	0.00785714
28	Tortilla de maiz	60	112	2.5	0.5	27.2	0.6	0.00018	0	0	0	0	0.0008	0.0558	0.27	0.0588	0.00369	0.003	0	0
29	Aguacate	31	44	0.5	4.1	2.3	2.17	0.01095	0	0.01033333	0	0.0012	0.000186	0.15035	0.217	0.000372	0.001612	0.00217	0.1984	0.000899
30	Coco	8	41	0.5	0.5	0.9	0.72	0	0.024	0	0	0	0.0001944	0.02848	0.48	0.00112	0.000904	0.0056	0.088	0.00256
31	Guanabana	238	90	1	3.8	15.5	9	0.0928	0.021	0	0	0.014	0.0055	0	0	0.014	0.027	0.07	0.1	0.021
32	Kiwi	114	69	1.2	0.6	16.6	3.4	0.0209	0	0.0434	0	0.003	0.00031	0.3764	10.2	0.034	0.034	0.03	0.14	0.017
33	Mandarina	105	56	0.9	0.3	14	1.9	0.00	0.027	0.0084	0	0.002	0.0003	0.1869	11.1	0.037	0.02	0.06	0.07	0.012
34	Mango Maduro	162	57	1.3	0	14.6	1.8	0.0629856	0.08586	0	0	0.002	0.0021	0.3062	0	0.01944	0.01944	0.081	0.0648	0
35	Mango Verde	162	58	1.3	0	14.6	1.9	0.0629856	0.08586	0	0	0.002	0.0021	0.3062	0	0.02268	0.0162	0.0324	0.0648	0
36	Manzana	106	55	0.3	0.2	14.7	2.6	0.0054	0.004	0.0031	0	0	0.0002	0.1224	11	0.002	0.004	0.01	0.003	0
37	Melon	179	61	1.5	0.3	14.6	1.6	0.2256	0.065693	0.0304	0	0.02864	0.0004	0.5534	14.1	0.001611	0.002685	0.00716	0.3222	0.002148
38	Naranja	152	72	1.4	0.2	18	3.7	0.0183	0.080864	0.0457	0	0.00456	0.0002	0.276	14.3	0.006536	0.002584	0.00912	0.0076	0.00152
39	Papaya	140	55	0.8	0.1	13.7	2.5	0.0294	0.112	0.0532	0	0.0042	0.0001	0.3598	0	0.00168	0.00196	0	0.021	0.00042
40	Pera	81	47	0.3	0.1	12.5	2.5	0.0015	0.000004	0.0058	0	0.001	0.0002	0.1012	7.9	0.009	0.011	0.11	0.1	0.007
41	Piña	124	62	0.7	0.1	16.2	1.7	0.0024	0	0.0128	0	0.001	0.0005	0.0948	8.3	0.013	0.008	0.08	0.12	0.012
42	Sandia	160	48	1	0.2	12.1	0.6	0.059	0.01296	0.004	0	0.0016	0.0003	0.1866	9.9	0.00112	0.00176	0.0048	0.016	0.0016
43	Uvas	86	61	0.6	0.5	15.3	1.1	0.0017	0.00344	0.0034	0	0.00172	0.0002	0.1586	0	0.001204	0.003526	0.0043	0.043	0.00043
44	Banano	104	99	1.09	0.33	26.84	2.6	0.003	0.019136	0	0	0.00104	0.00026	0.358	6.7	0.00052	0.002288	0.00312	0.156	0.002808
45	Leche	245	168	7.9	8	14.2	0	0.0748	0	0.05	0.0325	0.118	0	0.3675	12.25	0.2866	0.061885	0.0049	0.1029	0.002895
46	Leche de soya	240	79	6.6	4.6	5.3	0	0.007	0	0	0	0.029	0	0.2832	9.6	0.01	0.1728	0.2184	0.0875	0
47	Leche en polvo	30	165	8.4	8.5	12.3	0	0.09	0	0.05	0.031	0.119	0	0.399	10	0.292	0.02955	0.0123	0.1323	0.00351
48	Quesillo	28	106	7.5	7.8	1.5	0	0.0599	0	4.28571429	0.026	0.0538	0.0001	0.03	0	0.2215	0.15857143	0.01785714	0.13214286	0.00964286
49	Queso Mozarella	35	105	7.8	7.8	0.8	0	0.0609	0	0	0.0275	0.2195	0.0002	0.02171429	0.3	0.1768	0.10114286	0.00857143	0.83428571	0.00571429
50	Queso	13	56	1	4.6	0.4	0	0.042525	0	0.007	0.0144	0.039	0	0.01716	0.065	0.013585	0.009256	0.00039	0.3094	0.00026
51	Requeson	36	25	4.3	2.3	1.1	0	0.048	0	0.009	0.0105	0.1638	0.0002	0.054	0.07	0.0386	0.044	0.07	0.5	0.006
52	Yogour	75	93	2.7	0.8	16	0	0	0	0.012	0.005	0.0366	0	0.10575	2.4	0.099	0.011775	0.00375	0.7275	0.001425
53	Frijoles	75	108	6.7	0.8	18.6	6.8	0	0.005475	0	0	0.3789	0.0015	0.15	2.4	0.03315	0.008475	0.009	0.1035	0.004725
54	Semillas	12	66	2.7	6.6	0.5	1.62	0	0.01176	0	0	0.0005	0.00108	0.0876	0.25	0.0027	0.00676	0.0024	0.8	0.0033
55	Brocoli	92	26	2.7	0.4	4.6	2.7	0.1274	0.0828	0.046	0	0.25576	0.0008	0.2689	1.564	0.01104	0.006164	0.00552	0.0414	0.001932
56	Chile verde	50	20	0.8	0.2	3.7	0.5	0.0489	0.08	0.0116	0	0.003	0.002	0.175	0	0.01	0.02	0.06	0.13	0.01
57	Cebolla	58	23	0.6	0.1	5.4	1	0	0.01	0.0109	0	0.01	0.0001	0.084	2.2	0.03	0.04	0.04	0.1	0
58	Espinacas	90	21	2.7	0.2	3.4	3.2	0.4716	0.036	0.131	0	0.0621	0.0032	0.419	0	0.0108	0.00504	0.0081	0.0684	0.00783
59	Lechuga	135	23	1.7	0.4	4.5	2.8	0.3925	0.01242	0.4841	0	0.0378	0.0013	0.3343	1.08	0.00486	0.0027	0.0054	0.2025	0.000945
60	Papa	78	73	1.6	0.1	16.8	1.2	0.007	0.015366	0.007	0	0.004	0.0003	0.351	1.4	0.004	0.004212	0.00624	0.2808	0.002184
61	Pepino	104	16	0.7	0.1	3.8	0.5	0.0052	0.003	0.0912	0	0.002	0.0003	0.1526	0	0.014	0.021	0.03	0.17	0.012
62	Platano	54	48	0.6	0.2	12.4	1.4	0.0043	0.009936	0.0105	8	0.00216	0.0002	0.2152	6.7	0.00016				

Anexo 2. Restricción nutricional de Atletismo

Tabla 23- Restricciones nutricionales para el modelo de Atletismo

Restricciones nutricionales entrenamiento (1-3hrs)																		
	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(g)	Vitamina C	Ácido Fólico (g)	Coolesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina	Zinc	Magnesio
Min	2400	86.4	25.92	432	25	0.22	0.065	0.2	0	0.003	0.03	4.5	0	0.8	0.5	0.1	11	0.01
Max	3000	115.2	34.56	800	100	0.01	3	1	0.8	3	0.2	8	200	2.7	4	0.006	0.05	1.35
Restricciones nutricionales competición																		
	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(g)	Vitamina C	Ácido Fólico (g)	Coolesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina	Zinc	Magnesio
Min	3000	93.6	28.08	648	25	0.22	0.065	0.2	0	0.002	0.03	4.5	0	0.8	0	0.1	11	0.01
Max	4000	122.4	36.72	1000	100	0.01	2	1	0.8	3	0.2	8	200	2.7	4	0.006	0.05	1.35
Restricciones nutricionales precompetición																		
	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(g)	Vitamina C	Ácido Fólico (g)	Coolesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina	Zinc	Magnesio
Min	2700	93.6	28.08	504	25	0.22	0.065	0.2	0	0.002	0.03	4.5	0	0.8	0	0.1	11	0.01
Max	3200	122.4	36.72	800	100	0.01	2	1	0.8	3	0.2	8	200	2.7	4	0.006	0.05	1.35
Restricciones nutricionales recuperación																		
	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(g)	Vitamina C	Ácido Fólico (g)	Coolesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina	Zinc	Magnesio
Min	2200	86.4	25.92	432	25	0.22	0.065	0.2	0	0.002	0.03	4.5	0	0.8	0	0.1	11	0.01
Max	2600	115.2	34.56	800	100	0.01	2	1	0.8	3	0.2	8	200	2.7	4	0.006	0.05	1.35

Fuente: (Elaboración propia)

Anexo 3. Restricciones nutricionales de Judo

Tabla 24- Restricción nutricional para el modelo de Judo

Restricciones nutricionales entrenamiento (moderada)																		
	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(mg)	Vitamina C	Ácido Fólico (mg)	Coolesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina mg	Zinc mg	Magnesio mg
Min	2600	86.4	25.92	360	25	0.22	0.065	0.2	0	0.003	0.03	4.5	0	0.8	0.5	0.1	11	0.1
Max	3000	144	72	800	100	2.01	3	100	0.8	3	0.2	8	200	2.7	4	6	50	1.35
Restricciones nutricionales competición																		
	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(mg)	Vitamina C	Ácido Fólico (mg)	Coolesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina mg	Zinc mg	Magnesio mg
Min	3200	115.2	34.56	576	25	0.22	0.065	0.2	0	0.003	0.03	4.5	0	0.8	0.5	0.1	11	0.1
Max	4000	165.6	82.8	1000	100	2.01	3	100	0.65	3	0.2	8	200	2.7	4	6	50	1.35
Restricciones nutricionales precompetición (Moderado)																		
	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(mg)	Vitamina C	Ácido Fólico (mg)	Coolesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina mg	Zinc mg	Magnesio mg
Min	2800	93.6	28.08	504	25	0.22	0.065	0.2	0	0.003	0.03	4.5	0	0.8	0.5	0.1	11	0.1
Max	3300	144	72	800	100	2.01	3	100	0.6	3	0.2	8	200	2.7	4	6	50	1.35
Restricciones nutricionales recuperación																		
	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(mg)	Vitamina C	Ácido Fólico (mg)	Coolesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina mg	Zinc mg	Magnesio mg
Min	2500	100.8	30.24	360	25	0.22	0.065	0.2	0	0.003	0.03	4.5	0	0.8	0.5	0.1	11	0.1
Max	2900	144	72	800	100	2.01	3	100	0.6	3	0.2	8	200	2.7	4	6	50	1.35

Anexo 4. Restricción nutricional para Halterofilia

Tabla 25- Restricción nutricional para Halterofilia

	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(mg)	Vitamina C	Ácido Fólico (mg)	Colesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina mg	Zinc mg	Magnesio mg	
Min	2785	108	75.6	450	25	0.547	0.168	0.2	0	0.6	0.03	4.5	0	1.2	0.5	0.1	13	0.199	
Max	3650	200	140	750	100	2.01	3	100	0.8	7	0.5	8	200	2.7	4	6	50	1.35	
Restricciones nutricionales competición																			
	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(mg)	Vitamina C	Ácido Fólico (mg)	Colesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina mg	Zinc mg	Magnesio mg	
Min	3600	135	94.5	630	25	0.547	0.168	0.2	0	0.6	0.03	4.5	0	1.2	0.5	0.1	13	0.199	
Max	4400	270	189	1200	100	2.01	3	100	0.8	7	0.5	8	200	2.7	4	6	50	1.35	
Restricciones nutricionales precompetición (Moderado)																			
	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(mg)	Vitamina C	Ácido Fólico (mg)	Colesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina mg	Zinc mg	Magnesio mg	
Min	3000	126	88.2	540	25	0.547	0.168	0.2	0	0.6	0.03	4.5	0	1.2	0.5	0.1	13	0.199	
Max	3800	216	151.2	900	100	2.01	3	100	0.8	7	0.5	8	200	2.7	4	6	50	1.35	
Restricciones nutricionales recuperación																			
	Energía (Kcal)	Proteína	Lípidos	Hidratos de carbono	Fibra(g)	Vitamina A(mg)	Vitamina C	Ácido Fólico (mg)	Colesterol	Sodio (g)	Hierro (g)	Potasio (g)	Azúcar (g)	Calcio (g)	Fosforo (g)	Tiamina mg	Zinc mg	Magnesio mg	
Min	2800	108	75.6	450	25	0.547	0.168	0.2	0	0.6	0.03	4.5	0	1.2	0.5	0.1	13	0.199	
Max	3800	200	140	750	100	2.01	3	100	0.8	7	0.5	8	200	2.7	4	6	50	1.35	

Fuente: (Elaboración propia)

Anexo 5. Resultados Plan de alimentación de Atletismo

Tabla 26- Resultados plan alimenticio Atletismo

Dieta de atletismo- Ciclo de entrenamiento				
Día 1				
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Té	Galletas Saladas	Pollo	Café	Atún
Mermelada de mango	Banano	Arroz	Huevo	Aceite
Arroz	Cereal	Papa	Mantequilla	Granola
Tortilla de maíz		Plátano	Avena	Naranja
Leche		Tomate	Granola	Leche
Coco		Naranja		Requesón
		Coco		Frijoles
		Banano		Papa
				Plátano
Día 2				
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Café	Huevo	Arroz	Huevo	Café
Mantequilla	Guanábana	Mantequilla	Avena	Carne de res
Arroz	Mandarina	Espaguetis	Cereal	Aceite
Galletas Saladas	Papaya	Pan	Leche	Granola
Pan		Melón	Naranja	Leche
Banano		Queso		Queso
		Frijoles		Frijoles
		Yuca		Papa
		Papa		Tomate
Día 3				
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Café	Avena	Huevo	Chocolate negro	Huevo
Mantequilla	Pan	Arroz	Mango maduro	Mantequilla
Pollo	Mandarina	Espaguetis	Cereal	Arroz
Aceite	Banano	Brócoli	Leche	Frijoles
Galletas Saladas		Chile		Mermelada
Tortilla de maíz		Espinacas		Yogurt
Mango		Papa		
		Yuca		
		Galleta Saladas		

Día 4				
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Arroz	Galletas Saladas	Yuca	Yogur	Tortilla de maíz
Avena	Miel	Tomate	Naranja	Pan
Café	Naranja	Plátano	Mermelada de mango	Mango Maduro
Frijoles	Leche	Papa	Granola	Leche de soya
Granola		Pan	Café	Frijoles
Huevo		Huevo		Espaguetis
Mandarina		Espinacas		Carne de res
Mango Maduro		Espaguetis		Aceite
Mantequilla		Chile verde		Aguacate
Yogur		Carne de pescado		
Día 5				
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Tortilla de maíz	Miel	Yuca	Pera	Tortilla de maíz
Té	Café	Yogur	Galletas Saladas	Miel
Huevo	Banano	Queso	Avena	Leche de soya
Granola		Plátano	Arroz	Guanábana
Frijoles		Piña		Frijoles
Avena		Papa		Coco
Arroz		Mandarina		Camarón
		Leche		Aceite
		Granola		
		Espaguetis		
		Brócoli		

2- Plan de alimentación para el ciclo de precompetición de Atletismo

Dieta de atletismo- Ciclo de precompetición					
Día 1					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Tortilla de maíz	Piña	Yuca	Mantequilla	Yuca	Quesillo
Té	Gelatina	Pepino	Leche	Yogur	Pan

Naranja	Banano	Papa	Espaguetis	Tortilla de maíz	Melón
Mantequilla		Naranja		Plátano	Leche
Granola		Huevo		Papa	Huevo
Frijoles		Frijoles			Granola
Chocolate negro		Avena			Camarón
		Arroz			Avena
					Aceite
Día 2					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Té	Requesón	Yuca	Naranja	Mango Verde	Tomate
Pollo	Miel	Aceite	Kiwi	Huevo	Papa
Huevo	Granola	Tortilla de maíz	Avena	Galletas Saladas	Naranja
Galletas Saladas	Café	Pollo			Leche
Frijoles	Arroz	Plátano			Kiwi
Chocolate negro		Papa			Espaguetis
Banano		Pescado			Carne de pescado
Avena					
Aceite					
Día 3					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Tortilla de maíz	Yogur	Yogur	Plátano	Manzana	Yuca
Pollo	Té	Tortilla de harina	Papa	Cereal	Tortilla de harina
Naranja	Miel	Semillas	Frijoles	Café	Plátano
Huevo	Granola	Pan	Banano	Banano	Naranja
	Arroz	Leche			Mermelada de mango
		Kiwi			Mantequilla
		Granola			Leche
		Arroz			Galletas Saladas
		Aceite			Carne de cerdo

3- Plan de alimentación para el ciclo de competición de Atletismo

Dieta de atletismo- Ciclo de competición					
Día 1					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena	Tentempié
Té	Yogur	Yuca	Yogur	Papa	Sandia
Mermelada de mango	Naranja	Uvas	Banano	Pan	Chocolate negro
Arroz	Chocolate negro	Tortilla de harina		Mantequilla	
Tortilla de maíz		Pollo		Mango Maduro	
Leche		Plátano		Granola	
Coco		Papa		Galletas Saladas	
		Frijoles		Frijoles	
		Carne de res		Tortilla de maíz	
Día 2					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena	Tentempié
Té	Yogur	Yuca	Yogur	Papa	Sandia
Mermelada de mango	Naranja	Uvas	Banano	Pan	Chocolate negro
Arroz	Chocolate negro	Tortilla de harina		Mantequilla	
Tortilla de maíz		Pollo		Mango Maduro	
Leche		Plátano		Granola	
Coco		Papa		Galletas Saladas	
		Frijoles		Frijoles	
		Carne de res		Tortilla de maíz	

4- Plan de alimentación para el ciclo de recuperación de Atletismo

Dieta de atletismo- Ciclo de recuperación					
Día 1					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Tortilla de harina	Leche en polvo	Plátano	Chocolate negro	Naranja	Tortilla de maíz

Sandía	Granola	Pepino	Café	Leche	Pollo
Manzana		Papa	Banano	Granola	Gelatina
Huevo		Lechuga	Avena		Frijoles
Cereal		Leche			Banano
Café		Carne de res			Aguacate
Avena		Arroz			
Aceite					

Día 2

Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Pan	Leche	Yuca	Galletas saladas	Plátano	Yogur
Jamón de pavo	Granola	Pollo		Papaya	Tortilla de maíz
Frijoles		Plátano		Manzana	Pollo
Café		Papa		Mantequilla	Mermelada de mango
Arroz		Mango Maduro		Leche	Mantequilla
		Espaguetis			Banano
		Banano			Avena

Día 3

Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Tortilla de maíz	Semillas	Tortilla de maíz	Té	Miel	Uvas
Queso Mozarela	Cereal	Plátano	Pan	Mango Verde	Queso Mozarela
Leche		Papa	Aguacate	Banano	Pollo
Huevo		Carne de res		Avena	Pera
Café		Avena			Gelatina
		Atún			Espaguetis
		Arroz			

Anexo7. Resultados plan alimenticio Judo

Tabla 27- Resultados Plan Alimenticio de Judo

Dieta de Judo- Ciclo de entrenamiento				
Día 1				
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Tortilla de maíz	Melón	Zanahoria	Yogur	Plátano
Miel	Leche	Yuca	Pollo	Papa
Mantequilla		Papa	Naranja	Pan
Granola		Frijoles	Galletas Saladas	Mantequilla
Gelatina		Carne de pescado		Leche
Galletas Saladas		Arroz		Huevo
Frijoles		Aceite		Café
Café				
Día 2				
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Tortilla de maíz	Tortilla de harina	Pera	Papaya	Yuca
Naranja	Pan	Granola	Coco	Tortilla de maíz
Mantequilla	Leche	Frijoles	Café	Plátano
Huevo	Avena	Espaguetis		Pepino
Frijoles		Chocolate negro		Mantequilla
Café		Carne de res		Leche
		Brócoli		Gelatina
		Banano		Espaguetis
		Arroz		Carne de res
Día 3				
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Quesillo	Leche	Yuca	Granola	Pollo
Naranja	Huevo	Semillas	Espaguetis	Papa
Miel	Avena	Salmon	Cereal	Pan

Mantequilla		Plátano	Café	Naranja
Guanábana		Papa		Mantequilla
Granola		Pan		Mango Maduro
Cereal		Mermelada de mango		Lechuga
Café		Manzana		Frijoles
				Avena

Día 4

Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Yogur	Tortilla de harina	Zanahoria	Queso Mozarella	Mantequilla
Queso	Pera	Yuca	Guanábana	Granola
Pollo	Mandarina	Tortilla de maíz	Avena	Frijoles
Mermelada de mango		Tomate	Arroz	Carne de pescado
Mantequilla		Pollo		Café
Leche		Plátano		
Galletas Saladas		Papa		
Chocolate negro		Kiwi		
		Granola		
		Cereal		

Día 5

Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena
Pollo	Naranja	Yuca	Leche	Tortilla de maíz
Mantequilla	Banano	Uvas	Espaguetis	Pan
Leche	Arroz	Tortilla de maíz	Chocolate negro	Naranja
Gelatina		Pollo	Banano	Mantequilla
Café		Plátano	Arroz	Granola
		Papa		Frijoles
		Granola		Café
		Galletas Saladas		Avena
		Espinacas		Atún
				Aceite

2- Plan de alimentación para el ciclo de precompetición de Judo

Dieta de Judo- Ciclo de precompetición

Día 1

Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Tortilla de maíz	Yogur	Yuca	Yogur	Yuca	Tortilla de harina
Mantequilla	Mandarina	Tortilla de maíz	Panqueque	Plátano	Manzana
Frijoles	Huevo	Salmon	Espaguetis	Papa	Mango Maduro
Chocolate negro	Arroz	Plátano	Coco	Leche	Macarrones
Café		Papa	Carne de pescado	Granola	Frijoles
Banano		Mermelada de mango	Avena	Galletas Saladas	Carne de cerdo
		Macarrones			Café
		Leche			Banano
					Aceite

Día 2

Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Tortilla de maíz	Yogur	Yuca	Queso Mozarella	Yogur	Mantequilla
Pollo	Tortilla de harina	Tortilla de maíz	Pan	Plátano	Mango Verde
Mantequilla	Té	Plátano	Macarrones	Piña	Macarrones
Mango Verde	Mermelada de mango	Papa	Cereal		Frijoles
Frijoles	Banano	Leche de soya	Carne de pescado		Banano
Cereal		Carne de res	Café		
Avena			Aceite		
Arroz					

Día 3					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Piña	Tortilla de maíz	Pollo	Tortilla de harina	Yuca	Tortilla de harina
Naranja	Requesón	Plátano	Té	Tortilla de maíz	Té
Miel	Leche	Leche en polvo	Huevo	Plátano	Papa
Mantequilla	Granola	Frijoles	Carne de cerdo	Leche	Naranja
Frijoles	Galletas Saladas	Chocolate negro		Granola	Cereal
Aguacate		Banano		Banano	Carne de cerdo
		Avena		Avena	Brócoli
		Atún		Arroz	

3- Plan de alimentación para el ciclo de competición de Judo

Dieta de Judo- Ciclo de competición					
Día 1					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena	Tentempié
Té	Yogur	Yuca	Yogur	Papa	Sandia
Mermelada de mango	Naranja	Uvas	Banano	Pan	Chocolate negro
Arroz	Chocolate negro	Tortilla de harina		Mantequilla	
Tortilla de maíz		Pollo		Mango Maduro	
Leche		Plátano		Granola	
Coco		Papa		Galletas Saladas	
		Frijoles		Frijoles	
		Carne de res		Tortilla de maíz	
Día 2					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Cena	Tentempié
Té	Yogur	Yuca	Yogur	Papa	Sandia

Mermelada de mango	Naranja	Uvas	Banano	Pan	Chocolate negro
Arroz	Chocolate negro	Tortilla de harina		Mantequilla	
Tortilla de maíz		Pollo		Mango Maduro	
Leche		Plátano		Granola	
Coco		Papa		Galletas Saladas	
		Frijoles		Frijoles	
		Carne de res		Tortilla de maíz	

4- Plan de alimentación para el ciclo de recuperación de Judo

Dieta de Judo- Ciclo de recuperación					
Día 1					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Tortilla de harina	Té	Semillas	Yuca	Tortilla de maíz	Tortilla de harina
Requesón	Banano	Sandia	Yogur	Papa	Naranja
Pan		Mantequilla	Plátano	Manzana	Miel
Mantequilla		Leche	Miel	Lechuga	Carne de res
Huevo		Galletas Saladas	Huevo	Leche	
Guanábana		Espinacas	Granola		
Granola		Espaguetis			
Frijoles		Cereal			
Día 2					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Tortilla de maíz	Leche	Quesillo	Yuca	Pollo	Tortilla de harina
Mantequilla	Melón	Pollo	Yogur	Plátano	Té
Banano		Plátano	Tortilla de maíz	Papa	Quesillo

Avena		Papa	Granola	Naranja	Macarrones
Aguacate		Jamón de pavo	Espaguetis		Granola
		Gelatina	Café		Frijoles
		Galletas Saladas			Carne de cerdo
Día 3					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Panqueque	Yogur	Yuca	Yogur	Plátano	Mermelada de mango
Pan	Mango Verde	Queso	Melón	Papaya	Granola
Mango Maduro		Pollo		Papa	Galletas Saladas
Frijoles	Chocolate negro	Papa		Pan	Frijoles
Arroz				Jamón de pavo	Carne de res
				Huevo	Café
					Aceite

Anexo 8- Plan alimenticio Halterofilia

Tabla 28- Plan alimenticio Halterofilia

Dieta de halterofilia- Ciclo de competición					
Día 1					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	An. De entren.	Después de ent	Cena
Cereal	Pera	Sandia	Leche	Yuca	Queso Mozarella
Melón	Gelatina	Quesillo	Arroz	Espaguetis	Pollo
Mantequilla		Pollo			Papa
Mandarina		Plátano			Melón
Arroz		Mandarina			Leche
Galletas Saladas		Frijoles			Granola

		Cereal			Galletas Saladas
		Camarón			Cebolla
					Carne de res
Día 2					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	An. De entren.	Después de ent	Cena
Sandia	Leche en polvo	Yuca	Melón	Leche	Tomate
Mantequilla	Galletas Saladas	Pollo	Galletas Saladas	Cereal	Queso Mozarela
Granola	Cereal	Plátano	Café		Plátano
Gelatina		Papa			Papaya
Frijoles		Mandarina			Melón
Coco		Frijoles			Granola
Café		Espaguetis			Espaguetis
		Avena			Chile verde
		Arroz			Carne de res
		Aceite			Camarón
Día 3					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	An. De entren.	Después de ent	Cena
Papaya	Leche	Yuca	Leche	Melón	Yuca
Melón	Galletas	Sandia	Granola	Espaguetis	Queso
Mantequilla		Papaya	Panqueque	Avena	Pollo
Leche en polvo		Mermelada de mango			Plátano
Gelatina		Chile verde			Papa
Frijoles		Cereal			Chile verde
		Carne de res			Café
		Arroz			Atún
		Aceite			Arroz
Día 4					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	An. De entren.	Después de ent	Cena
Melón	Leche	Yuca	Leche	Yogurt	
Mango Maduro	Galletas Saladas	Papa	Galletas Saladas	Pera	Sandia
Leche en polvo		Melón	Café		Mantequilla
Granola		Frijoles			Gelatina

Gelatina		Carne de pescado			Coco
Cereal		Aceite			Carne de res
Día 5					
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	An. De entren.	Después de ent	Cena
Queso	Galletas Saladas	Pollo	Leche	Tortilla de harina	Plátano
Pollo	Café	Plátano	Granola	Queso	Pera
Pera		Pepino		Mermelada de mango	Pepino
Melón		Papa		Coco	Leche
Frijoles		Melón			Granola
Arroz		Carne de res			Galletas Saladas
Aceite					
					Carne de pescado
					Café

Dieta de atletismo- Ciclo de precompetición						
Día 1						
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Uvas	Manzana	Tomate	Banano	Pan	Panqueque	Tortilla de maíz
Tortilla de harina	Galletas Saladas	Requesón	Uvas	Lechuga	Leche en polvo	Requesón
Semillas	Café	Plátano	Pan	Avena	Granola	Plátano
Mermelada de mango		Piña	Miel			Piña
Leche		Pan				Manzana
Jamón de pavo		Mantequilla				Mantequilla
Avena		Jamón de pavo				Café
Aceite		Granola				Brócoli

		Frijoles				Arroz
Día 2						
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Quesillo	Piña	Tortilla de harina		Sándwich	Mantequilla	Uvas
Miel	Leche	Salmon	Leche de soya	Leche en polvo	Huevo	Tortilla de harina
Melón		Plátano	Chocolate negro		Frijoles	Plátano
Mantequilla		Espinacas	Avena		Café	Piña
Granola		Brócoli				Papa
Frijoles		Arroz				Miel
Día 3						
Desayuno	Bocadillo	Almuerzo	Merienda	Comida antes de entrenar	Comida después	Cena
Tortilla de harina	Pan	Tortilla de maíz	Quesillo	Mango maduro	Uvas	Tortilla de harina
Mantequilla	Miel	Salmon	Pan		Tortilla de maíz	Requesón
Leche en polvo	Mermelada de mango	Papa	Leche en polvo		Carne de res	Plátano
Granola		Melón			Banano	Melón
Galletas Saladas		Mango Maduro				Manzana
Frijoles		Espinacas				Mantequilla
Arroz		Carne de res				Lechuga
		Aceite				Leche de soya
						Jamón de pavo

Anexo9. Plan de rutina Atletismo etapa 2

Tabla 29- Plan de rutina de Atletismo etapa 2

Dia 6		
Ejercicios	Conjuntos	Repeticiones
Stepups explosivos	4	6
SJ	4	6
Salto frontal	4	15
Press 45º	4	12
Power Clean	5	5
Patadas de Burro	2	50
Med Ball Toss	4	6
Levantar	4	6 a 8
Glúteos Máquina	4	12
Burpees	4	6
BB Squat trasero	4	6 a 8
Aductores	3	12
Acelerar y mantener	2	
Dia 7		
Ejercicios	Conjuntos	Repeticiones
Zig-zag	1	1
Subir escaleras corriendo	1	
Squat Jump	4	5
Squat en barra	3	10
Salto de rana	5	20
Salto vertical a una pierna con cajón	4	20
Prensa militar	4	6 a 8
Patadas de Burro	2	50
Levantar	4	6 a 8
Glúteos Máquina	4	12
Entrenamiento en cuesta (100-200m)	5	15
Dominadas	2	50
Box to Box Depth Jumps	3	6
BB Squat trasero	4	6 a 8
Arrebatar	4	5
Aductores	3	12
Acelerar y mantener	2	
Dia 8		
Ejercicios	Conjuntos	Repeticiones
Trineo Sprints	6	2
Tríceps Francés	3	12

Squat Jump	4	5
SJ	4	6
Prensa militar	4	6 a 8
Power Clean	5	5
Glúteos Máquina	4	12
Depth Jumps	4	15
Correr en pesas	1	1
Burpees	4	6
Biceps en máquina	4	10
BB Squat trasero	4	6 a 8
Arrebatar	4	5
Abductores	3	12
Dia 9		
Ejercicios	Conjuntos	Repeticiones
Vuelos Laterales	4	12
Tríceps Francés	3	12
Stepups explosivos	4	6
Saltos pliométricos	4	5
Saltos de rana	5	20
Salto vertical a una pierna con cajón	4	20
Prensa militar	4	6 a 8
Peso muerto	4	6
Med Ball Toss	4	6
Hombro con manc.	2	8
Cuádriceps	4	12
Box Jumps	4	15
Biceps Femoral	4	12
Biceps en máquina	4	10
Arrebatar	4	5
Dia 10		
Ejercicios	Conjuntos	Repeticiones
Stepups explosivos	4	6
Squat Jump	4	5
Squat en barra	3	10
Split Jerk	5	15
Salto frontal	4	15
Saltar la cuerda	10	
Press militar	4	8
Press Banca	5	12
Peso muerto	4	6
Patadas de Burro	2	50

Med Ball Toss	4	6
Levantar	4	6 a 8
Extensiones de cuádriceps	4	6
Biceps Curl	4	12
BB Squat trasero	4	6 a 8
Arrebatar	4	5
Abductores	3	12