

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Querétaro



**Tecnológico
de Monterrey**

Programa de recomendación para planes de entrenamiento de fuerza

por

Diana Estefanía Ortiz Ledesma

Proyecto integrador para el desarrollo de soluciones empresariales

Ingeniería en Sistemas Computacionales

Asesor: Jose Antonio Cantoral Ceballos

Querétaro, México
22 de noviembre de 2022

Índice

| | |
|---|----------|
| 1 Introducción | 4 |
| 1.1 Planteamiento del problema y justificación | 4 |
| 1.2 Objetivo general | 5 |
| 1.3 Objetivos específicos | 5 |
| | |
| 2 Estado del arte | 6 |
| 2.1 Marco teórico | 6 |
| 2.1.1 Sistemas expertos | 6 |
| 2.1.1.1 Sistemas expertos basados en reglas | 6 |
| 2.1.1.2 Construcción de sistemas expertos basados en reglas | 6 |
| 2.1.2 Entrenamiento de fuerza | 7 |
| 2.1.2.1 Intensidad | 7 |
| 2.1.2.2 Volumen | 7 |
| 2.1.2.3 Frecuencia | 8 |
| 2.1.2.4 Selección y orden de ejercicios | 8 |
| 2.1.3 Estructura del entrenamiento de fuerza | 9 |
| 2.1.3.1 Rutina de cuerpo completo | 9 |
| 2.1.3.2 Rutina dividida por hemisferios | 9 |
| 2.1.3.3 Rutina dividida por grupos musculares | 9 |
| 2.1.4 Evaluación del nivel físico | 10 |
| 2.1.4.1 Resistencia cardiovascular | 10 |
| 2.1.4.2 Fuerza | 10 |
| 2.1.4.3 Resistencia a la fuerza | 10 |
| 2.2 Trabajo relevante | 11 |

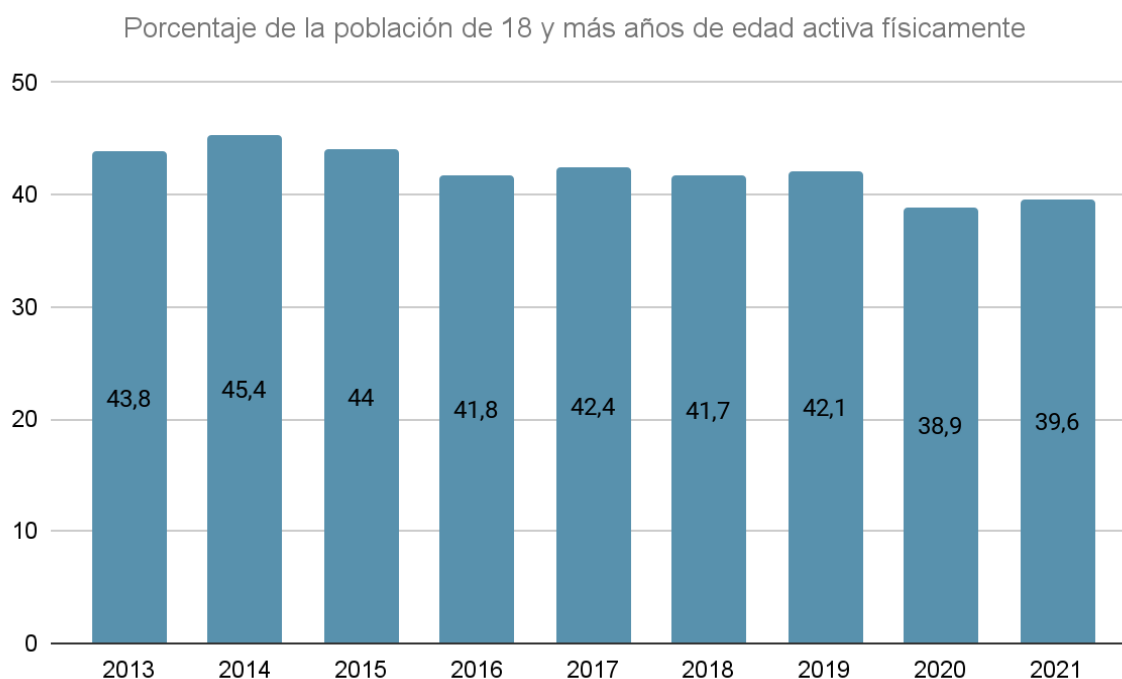
| | |
|---|-----------|
| 3 Solución | 13 |
| 3.1 Metodología | 13 |
| 3.1.1 Revisión bibliográfica de sistemas expertos | 14 |
| 3.1.2 Revisión bibliográfica de la librería Pandas | 14 |
| 3.1.3 Definición del proceso para generar planes de entrenamiento | 14 |
| 3.1.3.1 Definir la cantidad de días disponibles para entrenar | 14 |
| 3.1.3.2 Definir objetivos personales | 15 |
| 3.1.3.3 Evaluar y establecer el estado del nivel físico | 15 |
| 3.1.3.4 Crear programa de entrenamiento | 15 |
| 3.1.4 Formato, selección de individuos y recolección de datos | 16 |
| 3.1.4.1 Preparación de formato | 16 |
| 3.1.4.2 Selección de individuos | 17 |
| 3.1.4.3 Recolección de datos | 17 |
| 3.1.5 Creación de base de datos de ejercicios | 18 |
| 3.1.6 Creación de rutinas de entrenamiento | 19 |
| 3.1.7 Construcción y programación del programa en Python | 20 |
| 4 Resultados | 23 |
| 4.1 Discusión de resultados | 23 |
| 4.2 Evaluación del programa | 23 |
| 4.3 Conclusiones | 24 |
| 4.4 Trabajo futuro | 24 |
| 5 Bibliografía | 25 |

1 Introducción

La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social. Actualmente la inactividad física es un factor de riesgo a nivel mundial, ya que puede provocar enfermedades no transmisibles como presión arterial, cáncer y diabetes [9]. Por lo que en los últimos años se ha creado una mayor conciencia sobre lo importante que es realizar ejercicio físico en el día a día.

1.1 Planteamiento del problema y justificación

No es novedad que la falta de ejercicio físico tenga repercusiones en la salud, ¿pero a qué grado?. Un estudio realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) advirtió que entre 2020 y 2030, el sedentarismo provocará casi 500 millones de enfermedades no transmisibles en todo el mundo. Además, reporta que el 81% de los adolescentes y el 27.5% de los adultos no cumplen con las recomendaciones mínimas establecidas sobre la actividad física. [9] Y si nos enfocamos en México, en 2021 solo el 39% de la población adulta realizó actividad deportiva. Cifra que en comparación con los años anteriores no muestra un incremento a pesar de ser el año 2021 el año en que se reabrieron los centros deportivos y áreas recreativas tras el cierre por COVID-19 en 2020 [10].



Fuente: INEGI. Módulo de Práctica Deportiva y Ejercicio Físico (MOPRADEF) 2013 a 2021.

En diversos estudios se ha demostrado que una de las mejores actividades deportivas es el entrenamiento de fuerza, ya que nos permite aumentar el porcentaje de masa muscular y desarrollar la fuerza pero además también se ha demostrado que se produce una mejora en la eliminación de lípidos en sangre [12]. Tras las cifras mencionadas y la revisión de diversos artículos que estudian programas de fuerza, nace el interés por desarrollar una herramienta que permita generar planes de entrenamiento personalizados. Pues la mayoría de las enfermedades no transmisibles son prevenibles al incluir actividad física de manera regular y al mismo tiempo el entrenamiento de fuerza nos permite aumentar nuestro bienestar en todos los sentidos.

1. 2 Objetivo general

Diseñar, implementar y probar un programa basado en un sistema experto que recomiende un plan de entrenamiento de fuerza de acuerdo a la disponibilidad de tiempo, objetivo y condición física del individuo.

1. 3 Objetivos específicos

1. Investigar e identificar los diferentes tipos de sistemas expertos para seleccionar el más adecuado para generar programas de entrenamiento.
2. Investigar e identificar las variables de interés y los parámetros necesarios para realizar un plan de entrenamiento de fuerza.
3. Crear, implementar y probar un programa basado en un sistema experto para generar rutinas de entrenamiento en gimnasio.
4. Escribir una tesina que incluya estado del arte, problemática, solución, resultados, conclusiones y trabajo futuro.

2.1 Marco teórico

2.1.1 Sistemas expertos

Un sistema experto es aquel que utiliza como base el conocimiento humano y lo emplea en una computadora para resolver problemas que generalmente requieren de expertos en el tema. Los sistemas bien diseñados imitan el proceso de razonamiento que utilizan los expertos para encontrar soluciones a problemas específicos, por lo que pueden llegar a funcionar mejor que cualquier humano.

2.1.1.1 Sistemas expertos basados en reglas

Un sistema experto basado en reglas trabaja a través del uso de las reglas “si... entonces...” estas normas capturan el conocimiento de expertos y permiten dar una resolución a un problema. En la tabla 1 se muestran los componentes principales de un sistema experto basado en reglas.

Tabla 1 Componentes de un sistema experto

| Componente | Descripción |
|----------------------|---|
| Base de conocimiento | Es el conjunto de reglas que funcionan como representación de los conocimientos del dominio experto. Cada regla cuenta con un significado propio. |
| Base de hechos | Es la base de datos global que contiene los hechos sobre un problema, por lo que contiene los datos de partida y los criterios de parada. |
| Motor de inferencia | Es el cerebro del sistema, su función es seleccionar las reglas posibles que dan solución al problema. |

Fuente: Elaboración propia

2.1.1.2 Construcción de sistemas expertos basados en reglas

El encargado de esta tarea tiene dos funciones principales: elegir el tipo de inferencia que usará el motor y generar la base de conocimiento [1]. Para decidir el tipo de inferencia se evalúa la relación entre los hechos y las conclusiones. Para generar la base de conocimientos, se recurre a libros, artículos o personas expertas en el tema. El siguiente paso es descubrir las reglas y por último, verificar que los conocimientos adquiridos sean correctos. La mejor forma de comprobarlo es con expertos en la materia que validen la información recopilada.

2.1.2 Entrenamiento de fuerza

El entrenamiento de fuerza es un método de acondicionamiento físico capaz de mejorar la capacidad de vencer una resistencia. Este método es fundamental para la preparación deportiva, así como para mejorar la salud y prevenir o ayudar en la rehabilitación de lesiones. Debido a ello, el control y manipulación de variables como la intensidad, el volumen y la frecuencia es indispensable para maximizar la fuerza, la potencia o el incremento del volumen muscular [2].

2.1.2.1 Intensidad

La intensidad es una medida utilizada en el ejercicio para determinar la dificultad que la actividad física implica para ti. Es esencial y concreta ya que sirve para conocer el grado de estrés muscular producido durante el ejercicio [16]. En los ejercicios de fuerza es comúnmente asociada con el peso levantado [17] y en ocasiones, también se considera la velocidad de movimiento para estimar con mayor precisión la potencia mecánica producida [18].

2.1.2.2 Volumen

El volumen representa la cantidad total de trabajo realizado en una sesión de entrenamiento. Se ha observado que existiría un rango de volumen óptimo o cantidad mínima de trabajo ideal necesaria para inducir los efectos deseados [15]. Ir más allá de estos volúmenes, supondría un estancamiento en el entrenamiento, ya que podría ocasionar síndrome de agotamiento o lesión. Por otro lado los volúmenes inferiores al óptimo, aunque puedan generar mejoras, estas serán inferiores y más lentas en comparación con los volúmenes óptimos. En la tabla 2, se indican los volúmenes de entrenamiento para mantener o mejorar cada grupo muscular.

Tabla 2 Volumen de entrenamiento por grupo muscular

| Grupo muscular | Volumen mantenimiento | Mínimo volumen efectivo | Máximo volumen adaptativo | Máximo volumen recuperable |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Cuádriceps | 6 | 8 a 12 | 12 a 18 | 20'+ |
| Isquios | 4 | 6 a 10 | 10 a 16 | 20+ |
| Glúteos | 0 | 0 a 4 | 4 a 12 | 16+ |

| | | | | |
|-----------|-------|---------|---------|-----|
| Pectoral | 8 | 10 a 12 | 12 a 20 | 22+ |
| Espalda | 8 | 10 a 14 | 14 a 22 | 25+ |
| Deltoides | 0 a 6 | 6 a 8 | 16 a 22 | 26+ |
| Bíceps | 0 a 6 | 8 a 14 | 14 a 20 | 26+ |
| Tríceps | 0 a 4 | 6 a 10 | 10 a 14 | 18+ |
| Trapecio | 0 | 1 a 12 | 12 a 20 | 26+ |
| Gemelos | 0 a 6 | 8 a 12 | 12 a 16 | 20+ |
| Abdomen | 0 | 1 a 15 | 16 a 20 | 25+ |

***Fuente:** How to program effective specialization routines (2022).*

Cada uno de estos términos se refiere al rango de series por semana, y de acuerdo con esto existen cuatro tipos de volumen: el volumen de mantenimiento siendo éste indispensable para mantener la masa muscular actual, el mínimo volumen efectivo necesario para generar el estímulo suficiente para construir masa muscular, el máximo volumen adaptativo que nos asegura una ganancia muscular y el máximo volumen recuperable que de realizarlo siempre supondrá más recursos en recuperación que en mejorar.

2.1.2.3 Frecuencia

La frecuencia se refiere a la cantidad de veces que se trabaja cada grupo muscular en un período de tiempo, suele ser asociado a una semana [17].

2.1.2.4 Selección y orden de ejercicios

La selección de los ejercicios debe considerar en su mayor parte ejercicios compuestos, estos también son conocidos como ejercicios multiarticulares. Por lo que los ejercicios aislados, deben ser utilizados solo para completar el volumen de entrenamiento. Kraemer y Fleck [2] mencionan que se debe dar prioridad a los ejercicios multiarticulares al momento de entrenar, por lo que deben realizarse al inicio de la sesión, pues generan un incremento de la fuerza y del rendimiento más elevado.

2.1.3 Estructura del entrenamiento de fuerza

La estructura del entrenamiento de fuerza nos permite determinar para cada grupo muscular: el número de ejercicios que se realizan en cada sesión, el número de sesiones semanales, y el tiempo de recuperación entre un entrenamiento y el siguiente. Kraemer & Ratamess [19] y Heredia [20] mencionan que existen principalmente tres tipos de entrenamiento de fuerza:

2.1.3.1 Rutina de cuerpo completo

Es la estructura en la que dentro de la misma sesión de entrenamiento, se trabajan ejercicios que estimulan los principales grupos musculares del cuerpo. Por lo que se suele efectuar un ejercicio para cada zona muscular.

2.1.3.2 Rutina dividida por hemisferios

A través de esta estructura las sesiones de entrenamiento se dividen en forma que en una sesión se estimule la musculatura del tren inferior y en otra sesión, la del tren superior.

2.1.3.3 Rutina dividida por grupos musculares

Este modelo nos permite realizar ejercicios enfocados a trabajar grupos musculares específicos en cada sesión de entrenamiento.

Diversos estudios han comprobado que estos tipos de estructuras son efectivos para incrementar los niveles de fuerza y el incremento de la masa muscular [13]. La selección de la estructura de entrenamiento se realiza de acuerdo a los objetivos personales, principalmente la cantidad de sesiones a la semana [11].

2.1.4 Evaluación del nivel físico

La evaluación del rendimiento deportivo determina la relación entre las capacidades físicas de una persona y el ejercicio deportivo por realizar. En el caso de programas de entrenamiento de fuerza es indispensable conocer el nivel del individuo para determinar el volumen total del entrenamiento. Los tres aspectos a evaluar son:

2.1.4.1 Resistencia cardiovascular

Capacidad que tiene el corazón, los pulmones y los vasos sanguíneos para dar energía al cuerpo durante un ejercicio continuo y prolongado [6].

2.1.4.2 Fuerza

Capacidad del ser humano para oponerse a una resistencia o ejercer una presión, por medio de una tensión muscular [7].

2.1.4.3 Resistencia a la fuerza

Capacidad de los músculos para empujar, levantar o tirar de un peso determinado durante un periodo de tiempo [8].

2.2 Trabajo relevante

Mucho se ha estudiado sobre la creación de planes de entrenamiento de fuerza personalizados. En primera instancia se encuentra el artículo “Planificación y prescripción del ejercicio físico”, el autor menciona tras realizar una amplia revisión bibliográfica, cuales son los fundamentos teóricos para realizar programas de entrenamiento enfocados a mejorar la salud del individuo. Según el autor, se debe tomar en cuenta las necesidades del individuo, su estado de salud, el tiempo que tiene disponible y sus antecedentes en actividades deportivas. Este artículo explica cada una de estas características, el por qué deben ser tomadas en cuenta y cómo lograr extraer la información para realizar una correcta prescripción del entrenamiento.

Además, los autores Weineck y Derrickson son una referencia en la anatomía y fisiología deportiva, en su artículo “Metodología del entrenamiento deportivo” realizan un análisis de ejercicios aplicados al entrenamiento de fuerza y su impacto en los grupos musculares. El resultado es una base para tomar decisiones en la selección de los ejercicios considerando las lesiones que se presentan a nivel muscular y a nivel articular [14]. También en el artículo “Nuevo paradigma para la selección de los ejercicios de fuerza en programas de acondicionamiento físico para la salud”, se propone una estrategia para la selección de los ejercicios en un plan de entrenamiento orientado a la mejora de la salud [12].

Por otro lado, gracias al avance tecnológico el acceso a la información hoy en día es muy sencillo. Los dispositivos móviles nos permiten consultar cualquier cosa que nos interese, y la información deportiva no se queda atrás. Existen diversas aplicaciones que nos permiten realizar apuestas, consultar los resultados de partidos de cualquier disciplina, e incluso seguir planes de entrenamiento deportivo. Como parte de la investigación se realizó una revisión de las aplicaciones móviles disponibles en Google Play y App Store que nos permiten crear un plan de entrenamiento y se escogieron las más populares en el mercado. En la tabla 3 se muestra la selección de estas aplicaciones.

Tabla 3 *Aplicaciones móviles de entrenamiento*

| Aplicación | Variables | ¿Es de paga? |
|-------------------|---|---------------------|
| Nike training | Género, nivel físico y edad. | No. |
| Freeletics | Género, objetivo, nivel físico, peso, altura y edad. | Si. |
| Sworkit | Objetivo, nivel físico, peso y edad. | Si. |
| Bodbot | Género, objetivo, nivel físico, peso, altura y edad. | Si. |
| Strong Fastr | Género, objetivo, nivel físico y días de entrenamiento. | Si. |

Tras la revisión de las aplicaciones se llegó a la conclusión que ninguna de ellas estaba orientada al 100% a dar una recomendación de un plan de entrenamiento de fuerza en gimnasio, así como ninguna toma en cuenta todas las variables esenciales identificadas para crear una rutina de entrenamiento personalizada y la mayoría de ellas tienen un costo poco accesible.

3 Solución

El objetivo de este capítulo es formular el programa para la elaboración de planes de acondicionamiento físico personalizados, utilizando como referencia los sistemas expertos basados en reglas previamente establecidas. Estas reglas fueron definidas de acuerdo a la revisión bibliográfica. Se recolectaron los datos necesarios para el proyecto y se programó en Python con ayuda de la librería Pandas. El resultado final de este capítulo es un programa capaz de generar planes de acondicionamiento físico personalizados.

3.1 Metodología

En la tabla 4 se describe la metodología utilizada para el desarrollo del capítulo.

Tabla 4. Metodología del capítulo.

| No. | Actividad | Descripción |
|-----|---|---|
| 1 | Revisión bibliográfica de sistemas expertos. | Se realizó una revisión bibliográfica sobre sistemas expertos, su estructura y ejemplos. |
| 2 | Revisión bibliográfica de la librería Pandas. | El programa se creó en Python dada su capacidad de procesamiento de datos. Para utilizar la librería Pandas se realizó una revisión bibliográfica. |
| 3 | Definición del proceso para generar planes de entrenamiento. | Se definió el proceso para la creación de planes de entrenamiento personalizados con base en las referencias del marco teórico y expertos en el tema. |
| 4 | Creación de formato, selección de individuos, recolección de datos y creación de base de datos. | Se elaboró el formato de recolección de datos, se definió una población objetivo y se entrevistó a los individuos. |
| 5 | Creación de base de datos de ejercicios. | Se creó una base de datos de ejercicios por grupos musculares. |
| 6 | Creación de planes de entrenamiento. | Se crearon planes de entrenamiento para individuos de la población objetivo de acuerdo a su información, al proceso identificado y los ejercicios de la base de datos |
| 7 | Construcción y programación del programa en Python. | Se creó el proyecto en Python implementando las reglas y utilizando la base de datos. |

Fuente: Elaboración propia

3.1.1 Revisión bibliográfica de sistemas expertos

En primer lugar, se tiene el artículo “Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones” [3] el cual fue utilizado como guía para comprender los conceptos básicos de los sistemas expertos. Por otro lado, se encuentra el artículo “Sistemas Expertos Basados en Reglas” [4] cuyo trabajo aborda la estructura de un sistema experto basado en reglas, cuáles son sus componentes y cómo pueden ser creados. Esta información se encuentra en la sección del Marco teórico.

3.1.2 Revisión bibliográfica de la librería Pandas

Se realizó un curso práctico de acceso gratuito para el manejo y análisis de estructuras de datos utilizando la librería Pandas en Python, dictado por John Ortiz Ordoñez. El curso se encuentra disponible en Youtube [].

3.1.3 Definición del proceso para generar planes de entrenamiento

Para la creación de los programas de entrenamiento se tomaron en cuenta tres de las variables más importantes: volumen de entrenamiento, frecuencia de entrenamiento y selección de ejercicios. La estrategia para creación de planes de entrenamiento usada por el experto se describe de la siguiente manera:

1. Definir la cantidad de días disponibles para entrenar.
2. Definir objetivos personales.
3. Evaluar y establecer el estado del nivel físico.
4. Crear una rutina adecuada al tiempo disponible, los objetivos y el estado físico de la persona.

3.1.3.1 Definir la cantidad de días disponibles para entrenar

Es importante definir en primer lugar la cantidad de días disponibles para entrenar, ya que esto nos ayudará a seleccionar la estructura de entrenamiento que mejor se adapte a la cantidad de días disponibles.

3.1.3.2 Definir objetivos personales

Definir el objetivo nos ayudará a establecer el volumen total de entrenamiento. Para poder definir el volumen total es necesario tener en mente los conceptos descritos en el Marco teórico: MV, MEV, MAV y MRV. Pues cada uno de ellos alude a un rango de series semanales por grupo muscular.

3.1.3.3 Evaluar y establecer el estado del nivel físico

Evaluar y establecer el estado del nivel físico es esencial para determinar dentro del rango del volumen total de entrenamiento, si se mantendrá en el límite inferior, medio o superior. Por lo general se aplican tests que consisten en ejecutar determinados ejercicios para calcular la cantidad de repeticiones toleradas y el tiempo estándar. Estos datos nos permiten identificar la condición física del individuo.

3.1.3.4 Crear programa de entrenamiento

Una vez que se cuenta con la información previamente descrita, se realiza un plan de entrenamiento siguiendo la estructura adecuada, se seleccionan los ejercicios dando prioridad a los de tipo compuesto y se reparte el volumen total de entrenamiento de acuerdo a la frecuencia. Por lo que a mayor volumen, mayor frecuencia. Sin embargo, se ha demostrado que existen ganancias similares en masa muscular y fuerza al entrenar con una frecuencia de una o dos veces por semana cada grupo muscular [5].

3.1.4 Formato, selección de individuos y recolección de datos

Se realizó un proceso de recolección de datos enfocado en personas que realizan actividad física en el gimnasio. En esta sección se muestra el “Formato de recolección de datos”, posteriormente se describe cuál fue la “Población objetivo” y una vez finalizada la recopilación de los datos, se elaboraron rutinas de entrenamiento para algunos de los individuos.

3.1.4.1 Preparación de formato

El primer paso fue crear el “Formato de recolección de datos”, el cuál incluye las siguientes secciones:

1. Nombre.
2. Edad.
3. Género.
4. Objetivo principal.
5. Nivel de estado físico.
6. Historial de lesiones musculares.
7. Número de días que realiza actividad física.
8. Tipo de rutina de entrenamiento.
9. Descripción detallada de tu rutina.

3.1.4.2 Selección de individuos

Con el fin de tomar como referencia la información recopilada, se seleccionó un grupo de personas identificadas con un nivel de estado físico intermedio y avanzado. Este grupo fue llamado como “Población objetivo”, se les explicó el motivo del formulario y se completó por medio de entrevistas uno a uno. Este grupo estuvo conformado por usuarios del centro de acondicionamiento físico Sport Force Club y el centro deportivo del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey campus Querétaro.

3.1.4.2 Recolección de datos

La población objetivo estuvo conformada por 50 individuos, cuyas características se resumen en la tabla 5.

Tabla 5. Resumen de la población objetivo.

| Variable | Resumen |
|---|--|
| Edad | Desde los 17 años hasta los 33 años. |
| Género | El 80% fueron hombres y el 20% fueron mujeres. Por lo que participaron 40 hombres y 10 mujeres. |
| Objetivo principal | El objetivo que tuvo más popularidad fue la ganancia muscular, en seguida estuvo el mantenimiento, luego el fisicoculturismo, después el mejorar hábitos y por último la pérdida de grasa. |
| Nivel de estado físico | El 70% de la población objetivo tiene un nivel de estado físico intermedio y el otro 30% tiene un nivel avanzado. |
| Historial de lesiones musculares | El 12% presenta una lesión lumbar, el 6% presenta una lesión isquiotibial, el 4% presenta una lesión en deltoides, tríceps y antebrazo, y el 2% presenta una lesión pectoral y dorsal. |
| Número de días que realiza actividad física | El 77% entrena de 3 a 6 días a la semana, el 20% entrena más de 6 días a la semana y el 3% entrena de 1 a 2 días a la semana. |
| Tipo de rutina | El tipo de rutina más popular fue la dividida por grupo musculares, en seguida estuvo la dividida por hemisferios, y por último la de cuerpo completo. |

Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Creación de base de datos de ejercicios

La base de datos para el funcionamiento del programa está compuesta por la información recopilada y la información seleccionada según las referencias bibliográficas. Esta información incluye las clasificaciones del volumen de entrenamiento, el tipo de rutinas y los grupos musculares. Además, se generó una lista de ejercicios por grupo muscular. En la tabla 6 se muestra una parte de la lista de ejercicios que en total cuenta con 166 registros.

Tabla 6. *Lista de ejercicios*

| Grupo muscular | Músculo específico | Ejercicio | Tipo de ejercicio |
|-----------------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Hombro | Deltoide lateral | Elevaciones laterales con mancuerna | Aislado |
| Hombro | Deltoide posterior | Pájaros en máquina | Aislado |
| Hombro | Deltoide frontal | Press militar con barra | Compuesto |
| Espalda | Dorsal ancho | Remo inclinado con barra | Compuesto |
| Espalda | Redondo mayor | Pájaros en cruce de poleas | Aislado |
| Espalda | Triángulo lumbar | Hiperextensión lumbar | Aislado |
| Bicep | Cabeza larga | Curl con barra Z | Aislado |
| Bicep | Braquial | Curl invertido con barra | Aislado |
| Tricep | Cabeza medial | Fondos en banco | Compuesto |
| Cuadriceps | Recto femoral | Sentadilla libre | Compuesto |
| Glúteo | Glúteo mayor | Elevación de pelvis | Compuesto |
| Glúteo | Glúteo medio | Abducción en máquina | Aislado |

Fuente: *Elaboración propia*

3.1.6 Creación de rutinas de entrenamiento

Una vez recopilada toda la información, se crearon rutinas de entrenamiento para algunos de los integrantes de la población objetivo. En la tabla 7 se muestra un ejemplo de plan de acondicionamiento físico.

Tabla 7. Rutina de entrenamiento

| Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
|--|--|--|--|--|---|----------|
| Press de banca plano 3x10 Press inclinado con mancuernas 3x12 Fondos de pecho 3x12 Cruces en polea a nivel del pecho 3x12 Cruces en polea alta 3x12 Cruces en polea baja 3x12 | Dominadas 4x10 Remo inclinado con barra 4x12 Pull-over en polea alta 4x12 Hiperextensión lumbar 4x15 Encogimientos de hombro con pausa 5x10 Remo al mentón con barra 5x10 Pájaros en máquina 4x10 Jalón a la cara en polea alta 5x8 | Sentadilla libre 4x10 Prensa 4x15 Peso muerto rumano 4x10 Curl femoral sentado 3x12 Elevación de pelvis 3x10 Abductores en máquina 3x15 | Press militar con barra 3x10 Press Arnold con mancuernas 3x12 Elevaciones frontales con mancuerna 4x12 Elevaciones laterales en polea baja 4x10 | Curl con barra Z 4x12 Curl predicador 4x10 Curl de martillo 4x10 Curl femoral sentado en banco inclinado 4x10 Fondos en máquina 4x12 Press francés con barra Z 4x12 Extensión de tríceps en polea alta con agarre inverso 4x12 | Sentadilla libre 4x10 Prensa 4x15 Peso muerto rumano 4x10 Curl femoral sentado 3x12 Elevación de pelvis 3x10 Abductores en máquina 3x15 Elevación de talones en máquina 4x12 Elevación de talón a un pie en banco 4x10 Costurera 4x10 | Descanso |

Fuente: Elaboración propia

Con ayuda de expertos en el tema se evaluó si la información recopilada y los principios utilizados para la creación de los planes de entrenamiento eran correctos. A lo que instructores del centro deportivo del ITESM campus Querétaro dieron el visto bueno.

3.1.7 Construcción y programación del programa en Python

El sistema parte de un programa de entrenamiento vacío y construye una solución a partir de las entradas del usuario. Los datos de entrada son:

1. Cantidad de días disponibles para entrenar a la semana.
2. Objetivo del individuo.
3. Nivel de estado físico.
4. Y en caso de existir, la indicación de algún grupo muscular que no se desee o no se pueda entrenar.

El programa cuenta con una base de reglas que le permiten llegar a un resultado a través de los datos de entrada. Veamos el funcionamiento de estas reglas:

1. Cantidad de días disponibles para entrenar a la semana.
 - 1.1 Si el usuario tiene uno a dos días disponibles para entrenar, entonces el tipo de rutina a seguir es la de cuerpo completo.
 - 1.2 Si el usuario tiene tres días disponibles para entrenar, entonces el tipo de rutina a seguir es jalón, tirón y tren inferior.
 - 1.3 Si el usuario tiene cuatro días disponibles para entrenar, entonces el tipo de rutina a seguir es la dividida por hemisferios.
 - 1.4 Si el usuario tiene más de cuatro días disponibles para entrenar, entonces el tipo de rutina a seguir es la dividida por grupos musculares.
2. Objetivo del individuo
 - 1.1 Si el usuario tiene como objetivo mantener su musculatura, entonces el volumen total de entrenamiento es MV.
 - 1.2 Si el usuario tiene como objetivo la pérdida de grasa, entonces el volumen total de entrenamiento es MEV.
 - 1.3 Si el usuario tiene como objetivo la ganancia muscular, entonces el volumen total de entrenamiento es MVA.

3. Nivel de estado físico

3.1 Si el usuario tiene un nivel de estado físico principiante, el volumen de entrenamiento se queda en el límite inferior del rango previamente definido.

3.2 Si el usuario tiene un nivel de estado físico intermedio, el volumen de entrenamiento se queda en medio del rango previamente definido.

3.3 Si el usuario tiene un nivel de estado físico avanzado, el volumen de entrenamiento se queda en el límite superior del rango previamente definido.

4. Y en caso de existir, la indicación de algún grupo muscular que no se desee o no se pueda entrenar.

4.1 Si el usuario no desea entrenar cuádriceps, no se incluyen ejercicios que estimulan principalmente este grupo muscular.

4.2 Si el usuario no desea entrenar isquios, no se incluyen ejercicios que estimulan principalmente este grupo muscular.

4.3 Si el usuario no desea entrenar glúteos, no se incluyen ejercicios que estimulan principalmente este grupo muscular.

4.4 Si el usuario no desea entrenar pectorales, no se incluyen ejercicios que estimulan principalmente este grupo muscular.

4.5 Si el usuario no desea entrenar espalda, no se incluyen ejercicios que estimulan principalmente este grupo muscular.

4.6 Si el usuario no desea entrenar deltoides, no se incluyen ejercicios que estimulan principalmente este grupo muscular.

4.7 Si el usuario no desea entrenar bíceps, no se incluyen ejercicios que estimulan principalmente este grupo muscular.

4.8 Si el usuario no desea entrenar tríceps, no se incluyen ejercicios que estimulan principalmente este grupo muscular.

4.9 Si el usuario no desea entrenar trapecio, no se incluyen ejercicios que estimulan principalmente este grupo muscular.

4.10 Si el usuario no desea entrenar gemelos, no se incluyen ejercicios que estimulan principalmente este grupo muscular.

4.11 Si el usuario no desea entrenar abdomen, no se incluyen ejercicios que estimulan principalmente este grupo muscular.

El programa cuenta con un razonamiento hacia delante. Por lo que primero define el tipo de estructura de entrenamiento a utilizar de acuerdo a la disponibilidad. Como se mencionó anteriormente las estructuras han sido diseñadas con la finalidad de darle al cuerpo el estímulo suficiente pero también el descanso necesario para que cada grupo muscular se recupere correctamente.

El siguiente paso es definir el volumen total de entrenamiento de acuerdo al objetivo, de acuerdo a la tabla 2 se selecciona el volumen de entrenamiento correspondiente al objetivo del individuo y como seguimiento de esta selección se necesita definir el nivel físico de la persona para saber si debe mantenerse dentro del rango inferior, medio o superior de la cantidad total de volumen de entrenamiento correspondiente.

Posteriormente se divide el volumen total de entrenamiento en la estructura del plan, de esta forma se define la frecuencia y por último se seleccionan los ejercicios de acuerdo a cada grupo muscular que se desee o se pueda entrenar. La selección de ejercicios además tiene como prioridad a los ejercicios de tipo compuesto y los ejercicios de tipo aislado sólo se utilizan para completar el volumen total de entrenamiento.

4 Resultados

Para medir el desempeño del programa, se pidió la evaluación del mismo grupo de expertos del centro deportivo ITESM.

4.1 Discusión de resultados

Tras generar 10 recomendaciones de planes de entrenamiento, estos fueron condensados en una base de datos de Excel y discutidos con los expertos en el tema. Sin embargo, los criterios de evaluación solo se basaron en la capacidad de diseñar dichos planes de entrenamiento, ya que por la cantidad de tiempo disponible, no se logró llevar a la práctica dichas rutinas.

4.2 Evaluación del sistema

Según los expertos en el tema, “las rutinas de entrenamiento son una buena base de partida”. La percepción de los instructores es que la herramienta funciona como apoyo para tomar decisiones a la hora de realizar planes de entrenamiento y no como guía definitiva. Ellos mencionan que incluso con tantos años de experiencia, es muy común modificar los programas de entrenamiento. Las rutinas de entrenamiento generadas se evaluaron de forma cualitativa de acuerdo a la estructura, el volumen total de entrenamiento, la frecuencia y la selección de ejercicios. Los resultados se encuentran en la tabla 8.

Tabla 8. Evaluación de rutinas

| Variable | Calificación |
|-------------------------|--------------|
| Estructura | 100% |
| Volumen | 84% |
| Frecuencia | 98% |
| Selección de ejercicios | 94% |

Se obtuvo una evaluación del 100% en la estructura ya que se utilizan tipos de rutina de entrenamiento previamente establecidos y estudiados en los últimos años. El volumen obtuvo una calificación del 84% ya que en ocasiones fue poco demandante o por el contrario muy demandante. La frecuencia obtuvo un 98% ya que mencionan que los grupos musculares de menor tamaño pueden ser entrenados con mayor frecuencia. Y la selección de ejercicios obtuvo un 94% ya que en ocasiones selecciona muchos ejercicios compuestos por lo que la rutina entonces se vuelve muy demandante.

4.3 Conclusiones

El programa produce planes de entrenamiento que podrían llegar a experimentar ajustes principalmente en el volumen total de entrenamiento. Por lo que el número de series definidas para cada grupo muscular, debería ser monitoreada con especial atención durante la primera semana de seguimiento del plan de entrenamiento. Así que se pretende que la herramienta elabore una primera versión del programa de acondicionamiento físico y se ajuste de acuerdo al desempeño del individuo, su percepción personal y de ser posible, la percepción de un entrenador certificado.

4.4 Trabajo futuro

Al ser una primera versión de la herramienta, el trabajo futuro posible es muy extenso. Algunas de las opciones más importantes son:

1. Profundizar en la variable del volumen de entrenamiento.
2. Extender las reglas utilizadas para la creación de los planes de entrenamiento.
3. Seguir alimentando la base de datos de la población objetivo.
4. Seguir alimentando la base de datos de los ejercicios de fuerza para gimnasio.
5. Crear un algoritmo de inteligencia artificial que permita generar estos planes de entrenamiento.
6. Desarrollar una aplicación móvil para facilitar el uso de la herramienta y llegar a un mayor sector de la población.

Bibliografía

[1] Fernández, J. M. (2008). Generación de Sistemas Basados en Reglas Mediante la Programación Genética. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid

[2] Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:674-88.

[3] Badaró, S., Ibañez, L. J., & Agüero, M. J. (2013). Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones. *Ciencia y tecnología*, (13), 349-364.

[4] Román de las Heras. (2021). Sistemas Expertos Basados en Reglas. Honduras: Universidad Nacional Autónoma de Honduras

[5] Gentil, P., Fischer, B., Martorelli, A. S., Lima, R. M., & Bottaro, M. (2015). Effects of equal-volume resistance training performed one or two times a week in upper body muscle size and strength of untrained young men. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(3), 144–149.

[6] Balbín, J. (2020). Resistencia Cardiovascular - Condición Física. Recuperado el 26 de agosto de 2020, de <https://condicionfisica.es/resistencia-cardiovascular/>

[7] Irala, L. (2018). La fuerza en Educación Física - Escolar - ABC Color. Recuperado el 26 de agosto de 2020, de <https://www.abc.com.py/edicionimpresa/suplementos/escolar/la-fuerza-en-educacion-fisica-1713709.html>

[8] LBDC. (2018). Fuerza y resistencia muscular, ¿qué debes saber? Recuperado el 26 de agosto de 2020, de <https://www.sport.es/labolsadelcorredor/fuerza-yresistencia-muscular/>

[9] Organización Mundial de la Salud. (2022). Informe sobre la situación mundial de la actividad física 2022.

[10] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Módulo de práctica deportiva y ejercicio físico.

[11] Wernbom M., Augustsson J. y Thmeê R. (2007) The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional in humans. Sport Med., 37, 225-264.

[12] Ramón, J., Elvar, H., García-orea, G. P., Mata, F., Donate, F. I., & Martín, C. (2014). Nuevo paradigma para la selección de los ejercicios de fuerza en programas de acondicionamiento físico para la salud. PubliCE Standard, 1– 11.

[13] Dávila, A. (2015). Planificación y Prescripción del Ejercicio Físico en poblaciones no deportistas, 1–29.

[14] Weineck, J., & Derrickson, G. (2015). METODOLOGÍA DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO. Análisis acciones musculares., 141–144.

[15] Ostrowoki K., J., Wilson G. J., Weatherby R., Murphy P. W. y Lyttle A. D. (1997) The effect of weight training volume on hormonal Output and muscular Size and function. J. Strength Cond. Res, 11, 148-154

[16] Graham J. (2002) Periodización Research and Example Application. Strength Cond. J., 24, 52-70.

[17] Fleck S. J. (1999) Periodized strength training: A critical review. J. Strength Cond. Res, 13, 82-89.

[18] Knutten H. G. (2007) Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. J. Strength Cond. Res, 21, 973-978.

[19] Kraemer WJ, Ratamess. (2004) Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. Med Sci Sports Exerc. 36, 674-88

[20] Heredia JR, Chulvi Medrano I, Isidro Donate F, Soro J, Costa MR. (2007) Determinación de la carga de entrenamiento para la mejora de la fuerza orientada a la salud (Fitness muscular). PubliCE Standard. 21, 17.