

DISPOSITIVO CONTADOR DE EJERCICIOS V3

EXERCISE COUNTER DEVICE V3

Ing. Edwin Rodrigo Alaro Fernández ^{1 * §}
<https://orcid.org/0009-0002-9457-8112>

DOI: <https://doi.org/10.70722/rwdx9436su28i>
Recibido: Marzo 23, 2025; Aceptado: Abril, 25 2025

RESUMEN

El Dispositivo Contador de Ejercicios diseñado para monitorear y registrar automáticamente actividades físicas como flexiones, abdominales, flexiones de barra y trote aeróbico, optimizando el control físico del personal militar, por ello se diseñó un dispositivo portátil capaz de contabilizar automáticamente repeticiones, permitiendo la sincronización simultánea de hasta 10 equipos con un servidor central modular, para facilitar el análisis grupal de desempeño físico, con un sistema integrado de sensores ultrasónicos, microcontroladores ESP32 con comunicación ESP-NOW, para un diseño ergonómico y portátil. Se realizaron pruebas con personal militar, obteniendo una precisión del conteo confiable, destacando su comodidad, precisión y utilidad; el dispositivo permite la sincronización simultánea automática, facilitando el análisis grupal en entrenamientos. El dispositivo resulta ser una herramienta confiable, precisa y adaptable para contextos militares y educativos, contribuyendo al seguimiento eficiente y motivación de los usuarios durante el entrenamiento físico.

Palabras claves: Contador, sensor, sincronizar, tiempo real.

ABSTRACT

The Exercise Repetition Counter Device was designed to automatically monitor and record physical activities such as push-ups, sit-ups, pull-ups, and aerobic running, optimizing physical fitness control for military personnel. A portable device was developed capable of counting repetitions and simultaneously synchronizing with up to 10 devices through a modular central server, facilitating group performance analysis. The system integrates ultrasonic sensors, ESP32 microcontrollers with ESP-NOW communication, and an ergonomic design for comfortable and efficient use. Tests conducted with military personnel demonstrated high counting accuracy, stability, and ease of use. It is concluded that the device is a reliable, accurate, and adaptable tool in both military and educational contexts, contributing to efficient monitoring and user motivation during physical training.

Keywords: Counter, sensor, synchronize, real time.

Citación: Edwin R. Alaro F., **DISPOSITIVO CONTADOR DE EJERCICIOS V3**. Revista Científica EMINENTE 2025, 9-1: 65-75.

- ¹ Ingeniero en Sistemas Electrónicos – Centro de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación Militar - Escuela Militar de Ingeniería.
Corresponde al Autor (correo electrónico: rodriandferxxx@gmail.com)
- ^s Dirección de contacto Investigador primer autor: Telf.: (+591) 62843994 La Paz – Bolivia.

INTRODUCCIÓN

El dispositivo contador de ejercicios representa una innovación tecnológica diseñada para coadyuvar con la forma en que el personal militar monitorea y registra la actividad física durante la preparación y pruebas físicas. Equipado con sensores semi industriales y funcionalidades integradas, este dispositivo no solo rastrea una amplia variedad de movimientos y ejercicios específicos, como flexiones, abdominales, flexiones con barra y trote aeróbico, sino que también proporciona datos detallados sobre la cantidad de datos obtenida durante una sesión de entrenamiento. Además, cuenta con la capacidad para sincronizarse con 10 dispositivos de manera simultánea a través de un servidor centralizado permite un seguimiento continuo y análisis en tiempo real, brindando a los usuarios una herramienta indispensable para mejorar su rendimiento físico.

El dispositivo contador de ejercicios está adaptado para las necesidades del entrenamiento en las FF.AA., optimizando la efectividad, precisión y seguridad de las sesiones de entrenamiento mediante la recolección y análisis de datos objetivos durante diversas actividades físicas.

Figura 1. Dispositivo contador de ejercicios



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Dispositivo servidor



Fuente: Elaboración propia

Se compone de una estructura plástica realizada en impresión 3D de 4 capas compuestas, lo cual permite una mejor ergonomía a los componentes, orden y buen funcionamiento interno.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y desarrollar un dispositivo portátil capaz de contabilizar automáticamente repeticiones de ejercicios físicos (flexiones, abdominales, flexiones de barra y trote aeróbico), que permita la sincronización simultánea de múltiples equipos con un servidor central, con el fin de optimizar el control, monitoreo y análisis del desempeño físico del personal militar durante los entrenamientos.

METODOLOGÍA

Fase de análisis y definición de funcionalidades.

El dispositivo cuenta con 4 modalidades de control para lo cual es necesario realizar un previo análisis de factibilidades que permite el control y monitoreo de las siguientes actividades físicas:

- Contador de flexiones.
- Contador de abdominales.
- Contador de flexiones de barra.
- Control de trote aeróbico.

El sistema tiene la capacidad para realizar el control de movimiento y detectar la posición de manera precisa:

Figura 3. Posiciones corporales para una flexión



Fuente:

Fase de diseño del dispositivo y elección de componentes

El dispositivo es de bajo consumo debido a que debe ser portable y someterse a distintos lapsos de funcionamiento, condiciones ambientales, movimiento entre otros, contar con un sistema adecuado de compatibilidad en la comunicación de parámetros es prioridad, para asegurar la transferencia de comunicación entre componentes electrónicos.

Compuesto por una placa microcontroladora con comunicación WIFI, un ultrasonido semi y una batería recargable de litio. Los sensores permiten detectar patrones de movimiento característicos. En el siguiente recuadro se detallan los componentes utilizados:

Cuadro 1. Componentes electrónicos, Contador de ejercicios

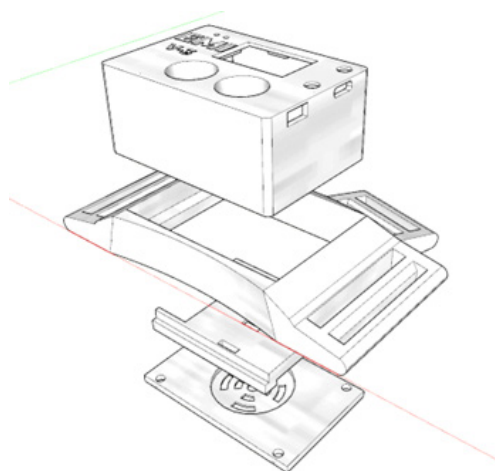
N	COMPONENTES CONTADOR	CANTIDAD
1	TTGO T-DISPLAY ESP32 TFT 1.14INCH	1
2	GRAVITY SENSOR ULTRASONICO URM SEN0307	1
3	PCF8591 ADC/DAC Digital 8Bit 4CH	1
4	PAM8403 Mini Amplificador 2CH 3W regulable	1
5	MODULO TP4056 1A CARGADOR BATERIA LITIO TIPOC	1
6	PARLANTE 0.5W 8 OHM, DIÁMETRO 36MM	1
7	BATERIA LI-ION 3.8 V, 900 mAh	1
8	Termocontraible 3-5 mm	20 cm
9	Switch ON/OFF	1
10	Microcontrolador ESP32 (SERVIDOR)	1

Fuente: Elaboración propia

Fase de diseño conceptual 3D multicapas.

El diseño conceptual a medida compone una estructura rígida para admitir el ensamblaje y alojamiento de los componentes, ubicación estratégica de los sensores y otros módulos electrónicos, y la consideración de interfaces de usuario y de conectividad.

Figura 4. Diseño 3D multicapas



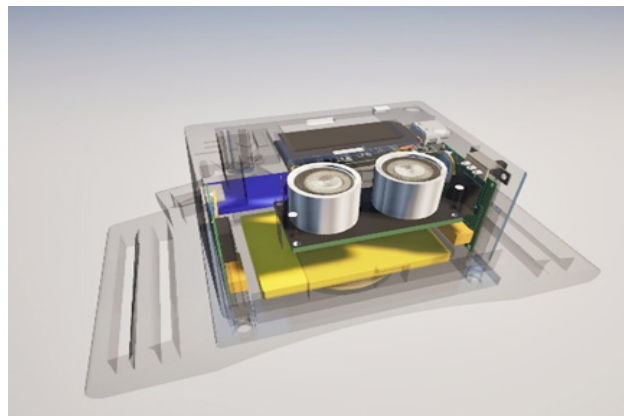
Fuente: Elaboración propia

Para el modelo se utilizó software de diseño asistido por computadora (CAD) para desarrollar modelos 3D multicapas del dispositivo. Esto implica la creación de modelos para cada capa de la estructura del dispositivo, incluyendo la carcasa exterior, las placas internas, y los soportes para los componentes.

Fase de integración de componentes para el ensamblaje de componentes electrónicos.

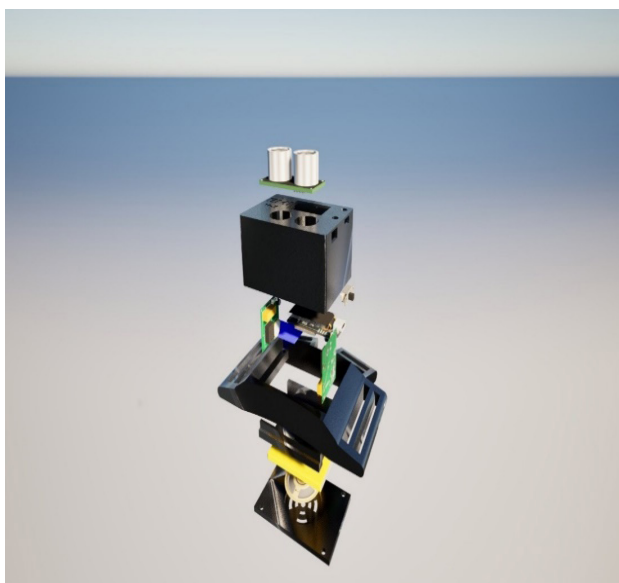
El diseño conceptual para el alojamiento de componentes electrónicos dentro del modelo 3D según el diseño previamente establecido, asegura que cada componente tenga su ubicación óptima para facilitar la funcionalidad, la eficiencia de espacio y la facilidad de ensamblaje.

Figura 5. Dispositivo ensamblado



Fuente: Elaboración propia

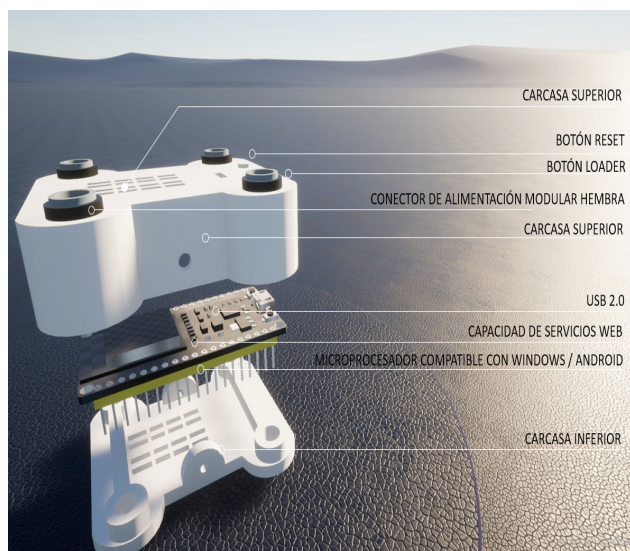
Figura 6. Componentes del dispositivo.



Fuente: Elaboración propia

El dispositivo cuenta con un sistema de alimentación continuo de 5V lo cual facilita a la multiplexación y alimentación de los componentes electrónicos, los componentes de comunicación como el sensor Gravity PCF y microcontrolador, son de protocolo I2C, el cual facilita el envío de información de manera secuencial entre sí, facilitando su procesamiento y visibilidad de resultados en el display TFT color.

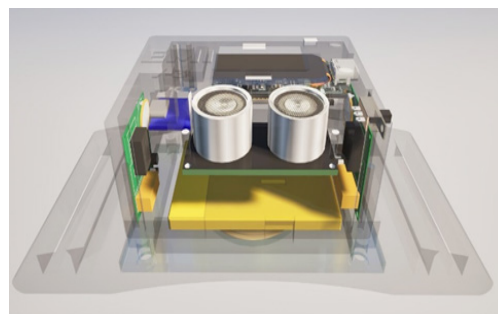
Figura 7. Componentes del dispositivo (SERVIDOR).



Fuente: Elaboración propia

Fase de ensamblaje y simulación.

Figura 8. Simulación Virtual



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 2. Características de funcionamiento

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

- CONTADOR DE FLEXIONES.
- CONTADOR DE REMOS.
- MEDIDOR DE RECORRIDO TEMPORIZADO (TROTE).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- PANTALLA LCD A COLOR.
- DURACIÓN DE BATERIA: 5 Hrs.
- COMUNICACIÓN WIFI.
- SINCRONIZACIÓN AUTOMÁTICA.
- SISTEMA DE DETECCIÓN DE EJERCICIO POR PROMEDIO.
- SISTEMA DE COMUNICACIÓN PROPIO.
- AUDIO INCORPORADO.

Fuente: Elaboración propia

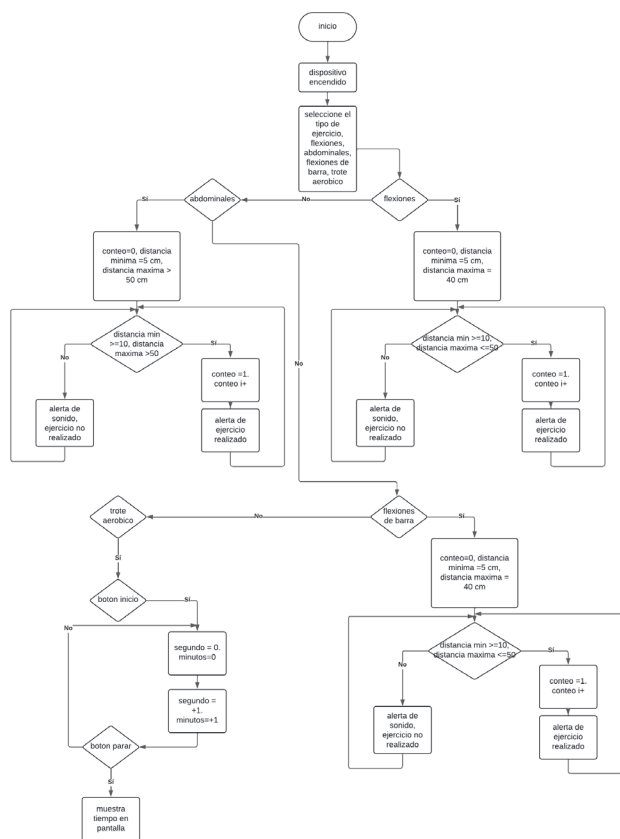
La simulación permite verificar la funcionalidad y el rendimiento del diseño. Esto incluye pruebas de ensamblaje virtual para identificar posibles conflictos entre componentes, interferencias mecánicas y problemas de acceso.

Los componentes se encuentran en un espacio propicio de acuerdo con el diseño lo que permitirá un óptimo funcionamiento.

Fase de desarrollo del algoritmo y principio de Funcionamiento

El sistema está compuesto por un sensor que permite identificar la distancia mínima y máxima de objetos lo cual, valida la función de una serie de distintos ejercicios, considerando el siguiente diagrama de funcionamiento:

Figura 9. Diagrama de funcionamiento del algoritmo



Fuente: Elaboración propia

Software y programación

El dispositivo cuenta con la capacidad de sincronizarse con un servidor de manera automática siguiendo parámetros de funcionamiento del controlador ESP32 y conexión WIFI mediante código ESP-NOW, conociendo la dirección física MAC y estableciendo compatibilidad de servicios ESP32 de corta, media y largo alcance de manera automática hasta 100 metros sin obstrucción.

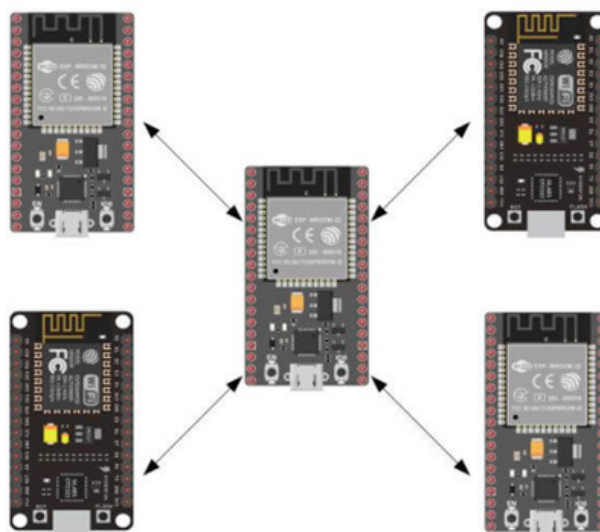
Figura 10. Librerías de comunicación

```
#include <Arduino.h>
#include <esp_now.h>
#include <esp_wifi.h>
#include <WiFi.h>
#include <EEPROM.h>
```

Fuente: Elaboración propia

La biblioteca ESP-NOW es una característica específica, diseñada para facilitar la comunicación de datos de manera eficiente entre dispositivos ESP32 utilizando protocolos de radiofrecuencia de bajo consumo. Esta tecnología está optimizada para aplicaciones que requieren una comunicación directa y rápida entre dispositivos en una red local, sin necesidad de conectarse a un enrutador Wi-Fi tradicional, permitiendo una conexión segura como se muestra en la siguiente imagen:

Figura 11. Funcionamiento ESP-NOW

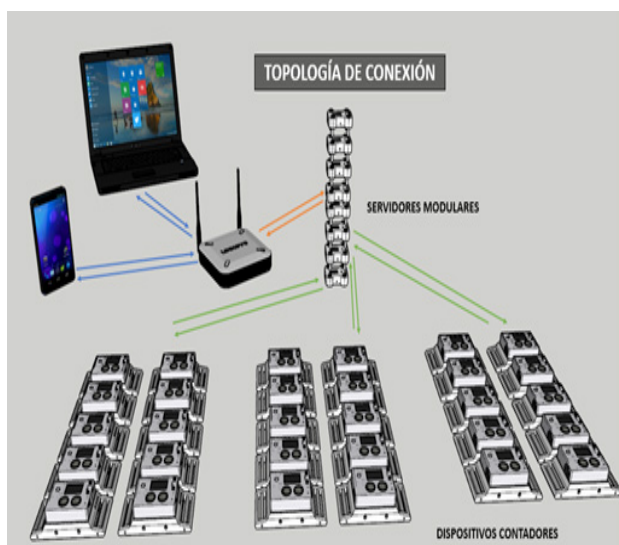


Fuente: Elaboración propia

Para lograr el desarrollo de la conexión entre dispositivos con el servidor se requiere segmentar una topología de acuerdo con la arquitectura de diseño del dispositivo contador con el servidor, el sistema este compuesto por un emisor y receptor denominado (contador) el cual emite señales de respuesta si el servidor emite una señal de solicitud al contador.

El Servidor emite señales de petición codificadas de acuerdo con el Identificador que el servidor haya designado de acuerdo con la dirección MAC proporcionada por el contador, así el servidor puede admitir hasta 10 dispositivos de manera efectiva asignando identificadores para cada contador, sin cruzar información emitiendo y recibiendo información en tiempo real cada 500 milisegundos.

Figura 12. Topología de conexión



Fuente: Elaboración propia

Interfaz de Usuario

El dispositivo cuenta con dos botones intuitivos que permiten la interacción de opciones, a continuación, se muestra las opciones disponibles en el dispositivo para el ejercicio de flexiones

Figura 13. Funcionamiento flexiones



Fuente: Elaboración propia

Principio de funcionamiento y opciones para el desarrollo del trote aeróbico con distancia predeterminadas, tiempo e identificador de dispositivo.

Figura 14. Funcionamiento trote aeróbico

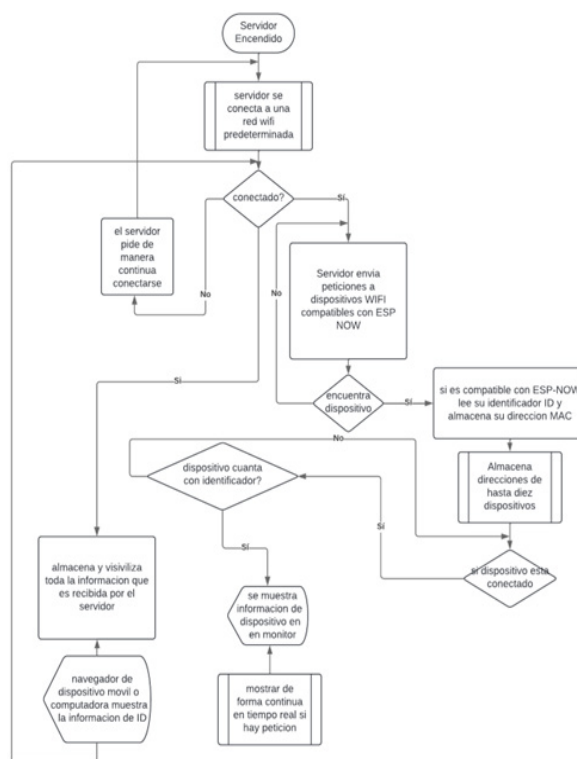


Fuente: Elaboración propia

Fase de integración servidor – dispositivo

El dispositivo servidor habilita su funcionamiento con alimentación USB convencional, automáticamente busca la red con una dirección SSID y contraseña predeterminada por el administrador (ejemplo: SSID: ADMINISTRADOR, contraseña: CONTADOR123), el cual envía petición de conexión repetitiva de manera permanente hasta tener éxito.

Figura 15. Diagrama de procesos de servidor



Fuente: Elaboración propia

Una vez conectado se debe ingresar la dirección IP identificada del servidor para acceder a la página HTML predeterminada en el dispositivo servidor el cual recibe, procesa e interpreta la información de los dispositivos contadores de ejercicio, con la función de procesos según se aprecia en la figura 15. Logrando una conexión segura y con envío y recepción de datos interpretados por HTML de hasta 10 dispositivos.

Figura 16. funcionamiento servidor HTML en un ordenador



Fuente: Elaboración propia

El sistema se visualiza en cualquier dispositivo con una conexión de red WiFi segura y con un lector o interpretador de lenguaje HTML.

Figura 17. funcionamiento servidor HTML en un dispositivo celular



Fuente: Elaboración propia

El sistema del servidor cuenta con la capacidad modular de interconectar hasta 10 servidores simultáneamente lo que significa que administra hasta 100 dispositivos cada uno con su respectivo Identificador ID.

Fase de pruebas y validación.

El dispositivo fue sometido a pruebas donde se observaron detalles técnicos de importancia, ya que cabe considerar factores como movimiento continuo, largos periodos de uso, y ergonomía, los cuales fueron subsanados, de forma satisfactoria, basándose la hoja de evaluación de examen físico militar.

Figura 18. Hoja de evaluación de examen físico militar.

DEPARTAMENTO VI - EDUCACIÓN
ESCUELA MILITAR DE INGENIERÍA
"MAYOR ANTONIO JOSÉ DE SUÑER"
BOLIVIA

HOJA DE EVALUACIÓN DEL EXAMEN FÍSICO MILITAR															FOTO 4 x 4 CM. UNIFORME A FONDO ROJO	
GRADO:	APELLIDOS Y NOMBRES:				EDAD:		SEXO:	CERTIFICACIÓN MÉDICA:	APTO:	NO APTO:	TEST DE EMBARRAZO:					
POSITIVO		NEGATIVO		NÚM. CÉDULA DE IDENTIDAD:												
RELACION PESO - TALLA (COMPOSICIÓN CORPORAL)		FLEXIÓN Y EXTENSIÓN DE CODO (FLEXIONES)		FLEXIÓN Y EXTENSIÓN DE CADERA (ABDOMINALES)		FLEXIÓN Y EXTENSIÓN DE CODO (ZIGZAGUEO)		CARRERA DE 3000 METROS (AEROBICIDAD)		NATACIÓN EN NOTA		PROMEDIO FINAL		FIRMA DEL EVALUADOR (conformidad)		
PESO	TALLA	NOTA	10%	CANT.	NOTA	10%	CANT.	NOTA	10%	CANT.	NOTA	10%	TEMPO	NOTA	10%	CUMPLIDO
																Cumple

EVALUADOR DE PESO - TALLA: _____
EVALUADOR DE FLEXIONES: _____
EVALUADOR DE ABDOMINALES: _____
EVALUADOR DE AEROBICIDAD: _____
EVALUADOR DE FLEXIONES EN BARRA: _____

Ten. CADI. Juan Javier Menacho Delgado
DIRECTOR NACIONAL DE OPERACIONES

Gral. Brig. Johnny Oscar Duran Lima
RECTOR ESCUELA MILITAR DE INGENIERIA

Fuente: Elaboración propia

El Área de prueba se realizó en la Escuela Militar de Ingeniería, Campus Universitario de Alto Irpavi, donde el grupo focal seleccionado para el desarrollo de pruebas fueron 60 estudiantes Militares de diversos semestres y especialidades de la Fuerza Aérea, Armada y Ejército. A continuación, se muestra el desempeño general del dispositivo de acuerdo con los resultados de 3 tipos de ejercicios.

Figura 19. Gráfico de resultados proporcionales de rendimiento.



Fuente: Elaboración propia

El 76.67% de estudiantes cumple todas las características que el dispositivo requiere para un buen funcionamiento considerando las condiciones físicas, modo de uso y eficiencia.

El 18,33% cumple las condiciones requeridas de forma regular, teniendo como una ligera desventaja la condición física que presentan.

El 5% de estudiantes tiene un resultado no óptimo debido a las condiciones físicas que presentan, requieren capacitación en el manejo del dispositivo y mala práctica en los ejercicios desarrollados.

Prueba de rendimiento físico con el ejercicio de Flexiones

Figura 20. Prueba de Flexiones.



Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Prueba de Abdominales.



Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS

Se llevaron a cabo pruebas experimentales con la participación de oficiales en periodo de evaluación física de la Escuela Militar de Ingeniería, quienes ejecutaron un protocolo de ejercicios diseñado para validar la precisión y robustez del dispositivo en condiciones reales de uso.

El protocolo incluyó cuatro tipos de ejercicio: flexiones de pecho, abdominales y trote aeróbico. Cada participante realizó tres series de 20 repeticiones por cada tipo de ejercicio, mientras el conteo automático fue comparado con un conteo manual realizado por un observador experimentado.

Los principales resultados obtenidos fueron los siguientes:

Precisión de conteo:

La precisión promedio del conteo de repeticiones fue del 96.8%, con un rango de variación entre 94.2% y 98.5% según el tipo de ejercicio. Los mejores desempeños se observaron en flexiones de pecho (98.5%) y abdominales (97.6%), mientras que el ejercicio de trote aeróbico mostró una precisión ligeramente inferior (94.2%) debido a la mayor complejidad del patrón de movimiento.

Latencia de transmisión:

La latencia promedio de transmisión entre el dispositivo y la plataforma servidor fue de 135 ms por dispositivo ($DE \pm 25$ ms), garantizando una visualización prácticamente en tiempo real en la interfaz web.

Estabilidad de conexión:

Durante las pruebas de carga simultánea con 5 dispositivos conectados, no se detectaron pérdidas significativas de paquetes ni interrupciones de conexión. La tasa de integridad de datos superó el 99.5%.

Autonomía del dispositivo:

En las pruebas de funcionamiento continuo, la duración promedio de la batería fue de 4 horas y 15 minutos en uso activo, suficiente para cubrir sesiones prolongadas de entrenamiento grupal.

Aceptación y usabilidad:

Los usuarios destacaron positivamente la comodidad del dispositivo, la precisión del conteo y la utilidad de la visualización en tiempo real para el monitoreo de desempeño físico.

Estos resultados confirman la viabilidad y efectividad del Dispositivo Contador de Ejercicios V3 para el monitoreo automático de rutinas físicas, tanto en contextos individuales como grupales, dentro de entornos militares y educativos.

DISCUSIÓN

El Dispositivo Contador de Ejercicios ofrece una alternativa precisa y escalable para el monitoreo de la actividad física en entornos personales o grupales, como gimnasios, centros de entrenamiento o instituciones educativas.

La combinación de sensores y algoritmos de reconocimiento permite adaptarse a diferentes tipos de ejercicios con un margen de error aceptable.

La capacidad de sincronización con múltiples dispositivos y la visualización centralizada otorgan una ventaja significativa en programas de entrenamiento grupal, supervisión de cadetes, oficiales o estudiantes, y monitoreo remoto de rutinas físicas.

CONCLUSIONES

El Dispositivo Contador de Ejercicios es una herramienta precisa, confiable y de fácil uso para el monitoreo y registro automatizado de la actividad física.

Las pruebas realizadas con oficiales de la Escuela Militar de Ingeniería confirmaron su efectividad, destacando su alta precisión, estabilidad de conexión y aceptación por parte de los usuarios, su diseño ergonómico, controles intuitivos y una interfaz accesible facilitan tanto la experiencia del usuario como la gestión por parte del personal encargado de control físico.

El dispositivo no solo optimiza el registro de la actividad, sino que también incentiva a los usuarios a mantener y mejorar su nivel de actividad física, gracias

a la retroalimentación inmediata y la visualización de metas alcanzables, además de contribuir al bienestar físico y mental

CONFLICTO DE INTERÉS

El autor declara que no tiene conflictos de interés con la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alaton, I. A., Akme Mehmet Balcioglu, I., & Bahnemann, D. W. (2002a). Advanced oxidation of a reactive dyebath effluent: comparison of O_3 , H_2O_2 /UV-C and TiO_2 /UV-A processes. In Water Research (Vol. 36).
- [2] COMANDO GENERAL DEL EJERCITO. (2023). Re: DIRECTIVA DEL EJERCITO N 05/23 [Disposición para los exámenes físicos para personal militar].
- [3] ALTRONICS (20 de febrero del 2023). Re: Placa ESP 32 TTGO T-DISPLAY [Funcionamiento y diagrama]. <https://www.altronics.cl/esp32-ttgo-t-display>
- [4] DFROBOT (Marzo 2023). Re: URM Ultrasonic Distance Sensor [Funcionamiento y diagrama]. <https://www.dfrobot.com/product-1862.html>
- [5] ECUAROBOT (marzo 2023). Re: Interfaz de un módulo PCF8591 ADC/DAC [Funcionamiento y diagrama]. <https://ecuarobot.com/2020/05/30/interfaz-de-un-modulo-pcf8591-adc-dac-con-arduino>
- [6] Alex Arce - GITHUB (marzo 2023). Re: eTFT GIF Converter [Conversión de archivos GIF]. <https://github.com/alex-arce/esp32-etft-gif-converter>
- [7] SPRESSIF- GITHUB (Marzo 2023). Re: ESP-NOW [Programacion WIFI]. <https://github.com/alex-arce/esp32-etft-gif-converter>
- [8] Random Nerd Tutorial (marzo 2023). Re: Learn ESP32 with Arduino IDE [programación de ESP32]. <https://randomnerdtutorials.com/learn-esp32-with-arduino-ide>



Edwin Rodrigo Alaro Fernández.

Ingeniero en Sistemas Electrónicos titulado de la Escuela Militar de Ingeniería - Unidad Académica Santa Cruz - Bolivia.

Diplomado en Educación Superior Universitaria, Diplomado en Planificación y Desarrollo de competencias profesionales, Investigador

en el desarrollo de nuevas tecnologías, investigación de aplicación militar en Seguridad y Defensa de la Escuela militar de Ingeniería.