



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2026,
Volumen 10, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i4

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ECOSISTEMA DE SOFTWARE CON CONTROL DE ACCESO BIOMÉTRICO Y MARCADOR ELECTRÓNICO PARA LA GESTIÓN DE ACADEMIAS DE TAEKWONDO EN MÉXICO

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A SOFTWARE
ECOSYSTEM WITH BIOMETRIC ACCESS CONTROL AND
AN ELECTRONIC SCOREBOARD FOR THE MANAGEMENT
OF TAEKWONDO ACADEMIES IN MEXICO**

Oscar Alejandro Perales Soto

Universidad Autónoma de Zacatecas Francisco García Salinas, México

Miguel Ángel Fraire Hernández

Universidad Autónoma de Zacatecas Francisco García Salinas, México

Luis Alberto Flores Chaires

Universidad Autónoma de Zacatecas Francisco García Salinas, México

Hugo Pineda Martínez

Universidad Autónoma de Zacatecas Francisco García Salinas, México

Miguel Martínez Rodríguez

Universidad Autónoma de Zacatecas Francisco García Salinas, México

Diego Tadeo Fraire Frausto

Universidad Autónoma de Zacatecas Francisco García Salinas, México

Diseño e implementación de un ecosistema de software con control de acceso biométrico y marcador electrónico para la gestión de academias de Taekwondo en México

Oscar Alejandro Perales Soto¹

oscar03zac@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-9003-0556>

Universidad Autónoma de Zacatecas
Francisco García Salinas, México

Miguel Ángel Fraire Hernández

miguel.fraire@uaz.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6678-3883>

Universidad Autónoma de Zacatecas
Francisco García Salinas, México

Luis Alberto Flores Chaires

luischaires@uaz.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3958-8959>

Universidad Autónoma de Zacatecas
Francisco García Salinas, México

Hugo Pineda Martínez

hugopinedamtz@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-9401-1840>

Universidad Autónoma de Zacatecas
Francisco García Salinas, México

Miguel Martínez Rodríguez

<https://orcid.org/0009-0000-1968-2943>

miguelmartinezrdz@uaz.edu.mx

Universidad Autónoma de Zacatecas
Francisco García Salinas, México

Diego Tadeo Fraire Frausto

diegotfraire@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-9409-3432>

Universidad Autónoma de Zacatecas
Francisco García Salinas, México

RESUMEN

La gestión administrativa de las academias de Taekwondo en México enfrenta limitaciones derivadas de la ausencia de herramientas informáticas adaptadas a su estructura federativa y competitiva, lo que ocasiona pérdidas económicas y procesos poco eficientes. El objetivo de este trabajo fue diseñar e implementar un ecosistema de software orientado a la gestión y operación de academias de Taekwondo, integrado por dos productos complementarios: AXIS GYM TKD v1.2, un sistema de gestión administrativa de escritorio para Windows con control de acceso biométrico mediante lector de huella digital ZKTeco, y un Marcador Electrónico para competencias desarrollado con el framework Electron. Se adoptó un enfoque de desarrollo iterativo e incremental, estructurado en una arquitectura de tres capas sobre lenguaje Python y base de datos SQLite embebida. El sistema de gestión incorpora módulos de socios, membresías, control de acceso biométrico, punto de venta con inventario, contabilidad, exámenes de grado, Registro Único de Federación (RUF), Registro Nacional de Cintas Negras y torneos, con seguridad basada en cifrado de contraseñas mediante hash SHA-256, control de acceso por roles y licenciamiento por identificador único de hardware. El Marcador Electrónico implementa el reglamento de puntuación de World Taekwondo mediante una arquitectura de dos ventanas y soporte para controles inalámbricos. Los resultados evidencian el cumplimiento de la totalidad de los objetivos planteados y la obtención de dos versiones funcionales distribuibles. Se concluye que una solución de desarrollo local, en español y adaptada al contexto federativo mexicano, constituye una alternativa pertinente frente a las plataformas comerciales extranjeras.

Palabras clave: Taekwondo, sistema de gestión, biometría, control de acceso, software deportivo.

¹ Autor principal

Correspondencia: oscar03zac@gmail.com

Design and implementation of a software ecosystem with biometric access control and an electronic scoreboard for the management of Taekwondo academies in Mexico

ABSTRACT

The administrative management of Taekwondo academies in Mexico faces limitations arising from the absence of computer tools adapted to their federative and competitive structure, which causes economic losses and inefficient processes. The aim of this work was to design and implement a software ecosystem oriented to the management and operation of Taekwondo academies, composed of two complementary products: AXIS GYM TKD v1.2, a Windows desktop administrative management system with biometric access control through a ZKTeco fingerprint reader, and an Electronic Scoreboard for competitions developed with the Electron framework. An iterative and incremental development approach was adopted, structured in a three-layer architecture based on the Python language and an embedded SQLite database. The management system incorporates modules for members, memberships, biometric access control, point of sale with inventory, accounting, grade examinations, the Single Federation Registry (RUF), the National Black Belt Registry, and tournaments, with security based on SHA-256 password hashing, role-based access control, and hardware-identifier licensing. The Electronic Scoreboard implements the World Taekwondo scoring rules through a two-window architecture and support for wireless controllers. The results show that all the objectives were met and that two functional, distributable versions were obtained. It is concluded that a locally developed solution, in Spanish and adapted to the Mexican federative context, is a relevant alternative to foreign commercial platforms.

Keywords: Taekwondo, management system, biometrics, access control, sports software.

*Artículo recibido 20 mayo 2026
Aceptado para publicación: 20 junio 2026*



INTRODUCCIÓN

El Taekwondo constituye uno de los deportes de combate con mayor presencia en México y en el mundo. De acuerdo con World Taekwondo (2026), la organización reporta más de cien millones de practicantes registrados en 215 naciones afiliadas, lo que lo consolida como una de las disciplinas de combate de mayor alcance global. Su incorporación al programa olímpico desde los Juegos de Sídney 2000 reforzó su institucionalización y estimuló el crecimiento de estructuras federativas nacionales encargadas de regular la competencia, la afiliación y el reconocimiento de grados.

En México, la Federación Mexicana de Taekwondo (FMTKD, 2024) es el organismo rector afiliado a World Taekwondo y al Comité Olímpico Mexicano, y estima alrededor de 1.5 millones de practicantes en el país. Del universo total de academias —calculado en aproximadamente 3,500—, solo una fracción cuenta con afiliación activa ante la FMTKD, ya que el registro exige requisitos mínimos como contar con un entrenador certificado, un número mínimo de alumnos activos y un espacio físico acreditado. Esta condición deja a una proporción significativa de academias operando de forma independiente, lo que configura un amplio mercado desatendido en materia de digitalización administrativa.

El contexto sectorial refuerza esta oportunidad. La industria del fitness en México experimenta un crecimiento sostenido: conforme a los datos difundidos por Mercado Fitness (2026), en el país existen más de 20,000 establecimientos relacionados con el fitness activo —gimnasios tradicionales, estudios boutique y centros de entrenamiento— que generan ingresos anuales superiores a los 38,000 millones de pesos. Este dinamismo convierte al sector en uno de los de mayor potencial para la adopción de herramientas de gestión digital. Sin embargo, la oferta de software especializado no ha acompañado con la misma intensidad a los segmentos de nicho, como el de las artes marciales federadas.

La transformación digital del deporte se ha consolidado como una línea de investigación en expansión dentro de la literatura iberoamericana. Gallardo-Guerrero y Maciá-Andreu (2024) plantean que la digitalización de la gestión deportiva no representa únicamente una actualización tecnológica, sino una reconfiguración estructural de los procesos administrativos, la relación con los usuarios y la generación de valor en las organizaciones. En la misma dirección, Quishpe Veloz et al. (2024) documentan que la incorporación de tecnologías de la información y la comunicación en entornos deportivos mejora de manera medible la eficiencia operativa y la experiencia de los usuarios, mientras que Beltrán Benavides



et al. (2024) subrayan la necesidad de aproximaciones metodológicas ágiles y centradas en las necesidades reales de las organizaciones deportivas al momento de desarrollar soluciones informáticas. El desarrollo de software aplicado al Taekwondo y a la gestión deportiva ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por la incorporación de tecnologías digitales tanto en la administración de academias como en los procesos de entrenamiento y competencia. En la actualidad coexisten sistemas informáticos orientados a la administración de clubes —que facilitan el registro de alumnos, el control de asistencias, la gestión de pagos y la programación de clases— con aplicaciones móviles que permiten a entrenadores y atletas planificar sesiones, registrar indicadores de rendimiento y monitorear el progreso técnico y físico. Leon et al. (2025) señalan que la inteligencia artificial ha ampliado de forma notable la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos deportivos, lo que habilita la personalización de los entrenamientos y la optimización de la toma de decisiones; en una línea convergente, Valcarce (2023) sostiene que estas tecnologías han modificado la práctica profesional de la gestión deportiva, desde la predicción del rendimiento hasta la optimización de estrategias.

No obstante, buena parte de estas soluciones se concentra en funciones específicas —la administración escolar o el control de competencias— sin integrar en una sola plataforma la gestión administrativa, el seguimiento del rendimiento y los procesos federativos. Schwizer y Burch (2026) advierten que numerosas organizaciones deportivas continúan dependiendo de sistemas de datos fragmentados, lo que dificulta su integración y aprovechamiento. Esta fragmentación es particularmente aguda en el ámbito de las artes marciales, donde la especificidad normativa —grados, exámenes de ascenso y registros federativos— rara vez se contempla en los productos de propósito general.

Pese a este avance conceptual, persiste una brecha entre las soluciones disponibles y las necesidades específicas de las academias de Taekwondo mexicanas. Las plataformas comerciales de gestión —como las orientadas a gimnasios y clubes— operan mayoritariamente en inglés, bajo modelos de software como servicio (SaaS) con costos que parten desde los 99 dólares mensuales, y ninguna contempla la estructura federativa nacional: el Registro Único de Federación, el Registro Nacional de Cintas Negras ni los módulos propios de la disciplina. Esta desconexión evidencia un problema práctico y económico

que afecta la profesionalización del sector y justifica el desarrollo de una solución adaptada al contexto local.

El problema de investigación se articula en torno a tres ejes. El primero corresponde a las pérdidas económicas derivadas de la falta de control administrativo: membresías vencidas no cobradas, adeudos olvidados, acceso de socios sin membresía vigente, pagos de exámenes no contabilizados e inventario sin registro de salidas. El segundo eje remite a la complejidad administrativa intrínseca del Taekwondo, cuya estructura —sistema de grados por cintas, exámenes de ascenso, RUF anual, Registro Nacional de Cintas Negras para practicantes Dan y torneos con categorías específicas— no es modelada por ningún software genérico. El tercer eje concierne a la ausencia de herramientas asequibles para las competencias de cintas de colores, que representan la mayoría de los eventos competitivos locales y que no utilizan el sistema de petos sensorizados (PSS) por su elevado costo, lo que obliga a registrar la puntuación de forma manual con herramientas improvisadas.

La justificación del proyecto se sustenta en su pertinencia tecnológica, económica y social. Desde la perspectiva de la Ingeniería Electrónica Industrial, la propuesta integra gestión de bases de datos, control biométrico mediante lector de huella digital, autenticación, licenciamiento e interfaces de usuario profesionales, articulando hardware periférico y software de escritorio en un mismo entorno operativo. En el plano económico, un sistema especializado elimina las pérdidas invisibles y proporciona al administrador indicadores clave de desempeño en tiempo real —membresías activas, socios presentes, ventas acumuladas y adeudos pendientes—. En el plano social, la disponibilidad de una solución en español, adaptada al Taekwondo mexicano y distribuida a un precio accesible, contribuye a la profesionalización de un deporte con fuerte arraigo comunitario.

La biometría de huella digital ocupa un lugar central en la propuesta por su idoneidad para el control de acceso. Como señalan estudios de referencia en la materia (Jain et al., 2004; Maltoni et al., 2009), los identificadores biométricos presentan ventajas sustantivas frente a los métodos convencionales de autenticación: no pueden compartirse, extraviarse ni olvidarse, y el reconocimiento de huellas requiere un esfuerzo mínimo del usuario, lo que resulta especialmente adecuado para entornos de acceso cotidiano. No obstante, el tratamiento de datos biométricos exige garantías de seguridad y privacidad; en este sentido, Mercader Uguina (2024) advierte que estos datos, por su carácter sensible, demandan

medidas técnicas y organizativas reforzadas, criterio que orientó las decisiones de diseño relativas al almacenamiento local y al cifrado de la información.

En consecuencia, el objetivo general de esta investigación fue diseñar e implementar un sistema integral de software para la gestión administrativa y el apoyo a las competencias de academias de Taekwondo y gimnasios deportivos en México, que incluyera control biométrico de acceso, seguimiento de membresías y registros federativos, y un marcador electrónico funcional para torneos. Como objetivos específicos se plantearon: desarrollar un módulo de gestión de socios con registro fotográfico, biométrico y de grado de cinta vinculado a membresías; implementar el control de acceso por huella digital con historial individual; diseñar los módulos de exámenes de grado, RUF y Registro Nacional de Cintas Negras alineados con la FMTKD; integrar un módulo de torneos; incorporar punto de venta, inventario y contabilidad; desarrollar un marcador electrónico conforme al reglamento de World Taekwondo; e implementar un esquema de seguridad y licenciamiento por identificador de hardware.

METODOLOGÍA

La presente investigación corresponde a un estudio de tipo aplicado, con un enfoque de desarrollo tecnológico y alcance descriptivo. El trabajo se orientó a la construcción de artefactos de software funcionales, por lo que se adoptó un diseño metodológico basado en un ciclo de desarrollo iterativo e incremental, coherente con las recomendaciones de aproximaciones ágiles para el desarrollo de soluciones en organizaciones deportivas (Beltrán Benavides et al., 2024). El objeto de desarrollo fue un ecosistema de dos productos independientes pero complementarios: el sistema de gestión administrativa AXIS GYM, en sus versiones Basic v1.1 y TKD v1.2, y el Marcador Electrónico para competencias.

El proceso se organizó en dos iteraciones principales. La primera iteración produjo AXIS GYM Basic v1.1, con los módulos administrativos fundamentales de gestión de socios, membresías, control de acceso, punto de venta, contabilidad y reportes. La segunda iteración extendió el sistema con los módulos específicos del Taekwondo —exámenes de grado, RUF, Registro Nacional de Cintas Negras y torneos—, dando origen a la versión especializada AXIS GYM TKD v1.2. En paralelo se desarrolló el Marcador Electrónico como producto autónomo destinado al arbitraje de torneos de cintas de colores.

Herramientas y entorno de desarrollo



El sistema de gestión se implementó en el lenguaje Python, en su versión 3.12. Python es un lenguaje de alto nivel, interpretado y de propósito general que, de acuerdo con la documentación de referencia (Van Rossum & Drake, 2009), combina potencia con una sintaxis clara y soporte para módulos, clases, excepciones y tipos de datos de alto nivel, lo que lo hace adecuado para el desarrollo rápido de aplicaciones y para la extensión de sistemas complejos. La interfaz gráfica se construyó con el framework de creación de ventanas incluido en la distribución estándar del lenguaje, que permite generar interfaces nativas de escritorio sin dependencias externas; sobre esta base se implementó un motor de temas visuales con paletas de modo oscuro y claro actualizables en tiempo real y con tipografía escalable.

Para la persistencia de datos se utilizó SQLite, un motor de base de datos relacional embebida. Según Allen y Owen (2010), SQLite es una base de datos de código abierto con una huella de menos de 300 kilobytes, diseñada para operar sin configuración y de forma completamente local. Liao y Feng (2008) documentaron sus ventajas en sistemas embebidos y de escritorio, destacando su estabilidad, velocidad y portabilidad entre plataformas, atributos idóneos para aplicaciones que operan en entornos sin infraestructura de red. Toda la información se almacena en un único archivo local, sin requerir servidor. El esquema de la base de datos contempla las entidades de socios, membresías, adeudos, accesos, exámenes, RUF, cintas negras, torneos, punto de venta, contabilidad, usuarios y configuración, vinculadas mediante claves foráneas con restricciones de integridad referencial activas.

El Marcador Electrónico se desarrolló con el framework Electron, una tecnología de código abierto mantenida por GitHub (2013) que permite crear aplicaciones de escritorio multiplataforma utilizando JavaScript, HTML y CSS mediante la combinación del motor de renderizado Chromium con Node.js. Electron fue seleccionado por la naturaleza visual del marcador —expresable en HTML y CSS—, por la facilidad para implementar una arquitectura de dos ventanas independientes y por el acceso nativo a la interfaz de controles del navegador para integrar mandos inalámbricos.

Componente biométrico

El control de acceso se implementó mediante lectores de huella digital ZKTeco (modelos ZK4500 y SLK20R), que emplean sensores ópticos de alta resolución para capturar la huella y procesarla mediante algoritmos de extracción de características (minutiae), generando una plantilla biométrica única

(ZKTeco, 2023). La comunicación con el dispositivo se realiza a través del kit de desarrollo oficial del fabricante. El módulo biométrico abstrae esta comunicación en tres operaciones: registro inicial, verificación individual e identificación contra la totalidad de la base de datos. Con el fin de garantizar la operación del sistema en ausencia de hardware, se incorporó un modo de demostración que se activa automáticamente cuando no se detecta el lector conectado.

Arquitectura y seguridad

El sistema de gestión se estructuró en una arquitectura de tres capas: una capa de presentación (ventanas, formularios y navegación), una capa de lógica de negocio (reglas de membresías, adeudos y validaciones) y una capa de datos (acceso centralizado a la base de datos). A estas se sumaron dos módulos transversales: el motor de temas visuales y el módulo de licenciamiento. La seguridad se implementó mediante el cifrado de las contraseñas con el algoritmo de hash criptográfico SHA-256 — de modo que nunca se almacena el texto plano—, un sistema de control de acceso por roles con permisos granulares por usuario, y un mecanismo de licenciamiento basado en un identificador único de hardware generado a partir de la dirección física de la tarjeta de red y el nombre del equipo, procesados con SHA-256. Estas medidas se alinean con las exigencias de protección reforzada aplicables al tratamiento de datos biométricos y personales sensibles (Mercader Uguina, 2024).

El procedimiento de validación consistió en la verificación funcional de cada módulo respecto de los objetivos planteados, la comprobación de la integridad referencial de la base de datos mediante transacciones atómicas y migraciones automáticas de esquema entre versiones, y la prueba de los flujos de trabajo principales: registro de socios, control de acceso biométrico, renovación de membresías y gestión de exámenes de grado. Para el Marcador Electrónico se validó la correcta implementación del reglamento de puntuación de World Taekwondo, la sincronización entre la ventana de control y la de espectadores mediante comunicación entre procesos, y la respuesta de los tres métodos de puntuación disponibles: botones en pantalla, atajos de teclado y mandos inalámbricos.

RESULTADOS

El desarrollo dio como resultado un ecosistema funcional compuesto por dos productos operativos y sus respectivos instaladores para Windows 10 y 11 de 64 bits. A continuación se describen los componentes

obtenidos, su arquitectura funcional y el estado de implementación de cada objetivo planteado al inicio del proyecto.

Sistema de gestión AXIS GYM

El sistema de gestión ejecuta, en cada arranque, una secuencia determinista que garantiza la integridad del entorno antes de permitir el acceso del usuario. El proceso localiza la raíz de instalación, activa el registro de eventos y verifica la validez de la licencia por identificador de hardware; si la verificación falla, la ejecución se detiene antes de acceder a la base de datos. Una vez confirmada la licencia, se inicializa la base de datos aplicando las migraciones de esquema necesarias, se carga el tema visual configurado y se presenta la pantalla de autenticación. Tras un inicio de sesión exitoso se muestra el tablero de indicadores y el sistema genera de forma automática los adeudos correspondientes a membresías vencidas durante los períodos de inactividad. Un proceso en segundo plano revalida la licencia periódicamente sin interrumpir la operación. La Tabla 1 resume los módulos funcionales disponibles en la versión básica.

Tabla 1

Módulos funcionales de AXIS GYM Basic v1.1

Módulo	Funcionalidad principal
Tablero (Dashboard)	Indicadores en tiempo real: entradas del día, membresías vigentes, ventas y total de socios.
Control de acceso	Entradas y salidas por huella digital o búsqueda manual, con verificación de membresía.
Socios	Padrón completo con foto, datos, estado y grado; registro de huella desde el expediente.
Expediente	Vista individual: membresía, historial de pagos, accesos y adeudos.
Membresías	Planes configurables; renovación con pago inmediato o generación de adeudo.
Adeudos	Cobros pendientes con filtros, pagos parciales o totales e historial.

Módulo	Funcionalidad principal
Punto de venta	Carrito con búsqueda de productos, cálculo automático y ticket imprimible.
Productos	Catálogo con categorías, precio, stock e imagen; alertas de stock bajo.
Contabilidad	Registro de ingresos y egresos con balance por período automático.
Reportes	Socios, membresías y movimientos financieros por rango de fechas.
Usuarios	Cuentas con roles (administrador, operador) y permisos por módulo.
Ajustes	Nombre de la academia, logotipo, tema visual y tamaño de fuente.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2

Módulos exclusivos de AXIS GYM TKD v1.2

Módulo	Funcionalidad principal
Exámenes de grado	Eventos con participantes, grado actual, grado meta, resultado y pago individual.
RUF / Federación	Registro del RUF anual por alumno y seguimiento del estatus federativo del padrón.
Cintas Negras	Registro Nacional de Cintas Negras: grado Dan, fecha, monto y estado de pago.
Torneos	Gestión de torneos con inscripción de participantes y seguimiento de pago.

Fuente: elaboración propia.

El modelo de datos se diseñó alrededor del socio como entidad central: todas las operaciones se vinculan a su registro mediante claves foráneas con integridad referencial activa. Las estrategias de integridad incluyeron transacciones atómicas, restricciones de clave foránea, migraciones automáticas de esquema entre versiones y un mecanismo de respaldo y restauración. La interfaz principal adoptó una estructura

de navegación lateral fija con un área de contenido dinámica, con componentes reutilizables como tarjetas de estadística, tarjetas de contenido, botones con estilos predefinidos y tablas de datos.

Los flujos de trabajo principales quedaron implementados de la siguiente manera. El registro de un nuevo socio contempla la captura de datos, la fotografía por cámara web y el registro de huella digital con tres capturas, ambas opcionales, seguidas de la asignación inmediata de membresía. El control de acceso biométrico identifica al socio en menos de dos segundos, verifica la vigencia de la membresía, registra la entrada con fecha y hora, y notifica los casos de membresía vencida o huella no reconocida. La renovación de membresía admite el pago inmediato —con ingreso registrado en contabilidad— o el registro con adeudo pendiente. La gestión de un examen de grado abarca la creación del evento, la inscripción con grado actual y meta, el registro del pago, la captura de resultados y la actualización del grado en el expediente, con inicio del trámite de Cinta Negra cuando el alumno alcanza el primer Dan.

Marcador Electrónico

El Marcador Electrónico se compone de un proceso principal encargado de la gestión del ciclo de vida y de la retransmisión de mensajes entre procesos, una ventana de control operada por el árbitro o el técnico de mesa, y una ventana de espectadores proyectable al público. Ambas ventanas operan con aislamiento de contexto activado, aplicando el principio de mínimo privilegio. La Tabla 3 describe los campos que conforman el estado del combate gestionado en tiempo real.

Tabla 3
Campos del estado del combate en el Marcador Electrónico

Campo	Descripción
Nombre Azul / Rojo	Nombre del competidor, configurable antes del combate.
Puntaje Azul / Rojo	Puntaje acumulado de la ronda o combate actual.
Gam-jeom Azul / Rojo	Penalizaciones acumuladas (suman un punto al rival por cada una).
Rondas ganadas	Contador de rondas ganadas por cada competidor.
Tiempo restante	Segundos restantes en la ronda actual.
Fase del combate	Configuración, en combate, descanso, tiempo médico o finalizado.

Campo	Descripción
Configuración	Duración, número de rondas, límite de Gam-jeom y diferencia de victoria.
Historial de acciones	Registro cronológico reversible de puntos y penalizaciones.

Fuente: elaboración propia.

El marcador implementa el reglamento de puntuación de World Taekwondo (2023). La Tabla 4 sintetiza el valor de las técnicas reconocidas; las penalizaciones (Gam-jeom) otorgan un punto al oponente. El sistema admite tres métodos de puntuación simultáneos —botones en pantalla, atajos de teclado configurables y hasta tres mandos inalámbricos— y reglas de victoria automática configurables por diferencia de puntos, límite de penalizaciones, tiempo médico y victoria por rondas. Una ventana de pulsación simultánea configurable permite registrar combinaciones de botones para técnicas de mayor valor.

Tabla 4
Técnicas de puntuación del reglamento de World Taekwondo

Técnica	Puntos
Puño al tronco	1 punto
Patada básica al tronco	2 puntos
Patada directa a la cabeza	3 puntos
Patada giratoria al tronco	4 puntos
Patada giratoria a la cabeza	6 puntos

Fuente: elaboración propia con base en World Taekwondo (2023).

Integración con el marco normativo federativo

Un resultado relevante del desarrollo fue la alineación de los módulos del sistema con el marco normativo que rige el Taekwondo en México, establecido por World Taekwondo y por la FMTKD. El Registro Único de Federación (RUF) es el mecanismo mediante el cual los practicantes se afilian anualmente ante la FMTKD, la Unión Panamericana de Taekwondo y World Taekwondo; incluye un

seguro de gastos médicos y constituye un requisito indispensable para participar en competencias federadas. El módulo correspondiente gestiona el RUF de cada alumno, registrando el año de afiliación, el monto pagado y el estado del trámite. Por su parte, el Registro Nacional de Cintas Negras es el reconocimiento oficial y permanente del grado Dan; para tramitarlo, el alumno debe acreditar los tres últimos años de RUF, requisito cuyo seguimiento el sistema automatiza mediante alertas al administrador cuando un practicante reúne las condiciones para iniciar el trámite.

El sistema también incorpora, por diseño, las obligaciones derivadas de la normativa de protección de datos personales. Dado que la aplicación recopila y almacena datos personales de los socios —nombre, fecha de nacimiento, domicilio, teléfono, fotografía y plantilla biométrica de huella digital—, la academia asume la condición de responsable del tratamiento y queda obligada a informar sobre el uso de la información mediante un aviso de privacidad y a recabar el consentimiento explícito para el tratamiento de datos biométricos, considerados sensibles. En correspondencia, el sistema almacena las contraseñas exclusivamente como hash SHA-256, conserva las plantillas biométricas en la base de datos local sin transmitirlos a servidores externos y restringe la visualización de datos sensibles mediante el control de acceso por roles.

Estado de implementación de los objetivos

La Tabla 5 presenta el estado de implementación de cada módulo y objetivo planteado, indicando la versión en la que quedó disponible la funcionalidad. La totalidad de los objetivos específicos fue alcanzada.

Tabla 5

Estado de implementación por módulo y objetivo

Módulo / Objetivo	Estado
Gestión de socios con foto y huella digital	Implementado en ambas versiones
Control de acceso biométrico ZKTeco	Implementado en ambas versiones
Membresías con adeudos automáticos	Implementado en ambas versiones
Punto de venta con inventario	Implementado en ambas versiones
Contabilidad de ingresos y egresos	Implementado en ambas versiones

Módulo / Objetivo	Estado
Exámenes de grado	Implementado en la versión TKD
RUF / Federación	Implementado en la versión TKD
Registro Nacional de Cintas Negras	Implementado en la versión TKD
Torneos con inscripción de participantes	Implementado en ambas versiones
Marcador Electrónico con doble ventana	Implementado como producto independiente
Soporte de mandos inalámbricos y teclado	Implementado en el Marcador
Reglamento de puntuación World Taekwondo	Implementado en el Marcador
Licenciamiento por identificador de hardware	Implementado en ambas versiones
Manuales de usuario	Generados para v1.1 y v1.2

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman la viabilidad de desarrollar, con herramientas de código abierto y a bajo costo, un ecosistema de software capaz de cubrir de manera integral las necesidades administrativas y competitivas de las academias de Taekwondo en México. Este hallazgo se inscribe en la tendencia documentada por Gallardo-Guerrero y Maciá-Andreu (2024), quienes sostienen que la transformación digital de la gestión deportiva constituye una reconfiguración estructural de los procesos organizativos más que una mera actualización tecnológica. El caso de AXIS GYM TKD ilustra esa reconfiguración: la automatización del control de accesos, del seguimiento de membresías y de los registros federativos modifica el modo en que la academia opera cotidianamente y reduce las pérdidas económicas asociadas a la gestión manual.

La pertinencia de la propuesta se refuerza al compararla con experiencias afines de la región. Rodríguez Chinchilla et al. (2025) reportan que el desarrollo de un sistema web integral para la gestión de cobros, inventario y fichas de atletas en clubes deportivos mejora la trazabilidad de la información y la eficiencia

administrativa; el presente trabajo coincide en ese diagnóstico, pero se diferencia por su enfoque de escritorio de operación local y por la incorporación de módulos federativos específicos —RUF y Registro Nacional de Cintas Negras— ausentes en las soluciones genéricas. De manera análoga, Quishpe Veloz et al. (2024) evidencian que la adopción de tecnologías de la información en el deporte incide positivamente en el rendimiento y en la experiencia del usuario, lo que respalda la orientación del sistema hacia indicadores en tiempo real y flujos de trabajo simplificados.

Un aspecto distintivo de la solución es su decisión de operar en modo local con base de datos embebida. Esta elección, sustentada en las ventajas de portabilidad y estabilidad de SQLite descritas por Liao y Feng (2008) y Allen y Owen (2010), resulta especialmente adecuada para academias que no disponen de infraestructura de red robusta ni de presupuesto para servicios en la nube. Frente a los modelos SaaS extranjeros, que imponen costos recurrentes en divisas y dependen de conectividad permanente, la propuesta prioriza la autonomía operativa y la accesibilidad económica, en línea con la lógica de aproximaciones ágiles y centradas en el contexto que reivindican Beltrán Benavides et al. (2024).

En materia de control de acceso, la integración del lector ZKTeco mediante su kit de desarrollo oficial confirma las ventajas de la biometría de huella digital señaladas por Jain et al. (2004) y Maltoni et al. (2009): identificación rápida, ausencia de credenciales extraviables y bajo esfuerzo para el usuario. No obstante, el tratamiento de datos biométricos plantea responsabilidades ineludibles. Mercader Uguina (2024) advierte sobre el carácter sensible de estos datos y la necesidad de garantías reforzadas; el diseño del sistema responde a esta exigencia mediante el almacenamiento local de las plantillas biométricas sin transmisión a servidores externos, el cifrado de contraseñas con SHA-256 y el control de acceso por roles. Estas decisiones deben interpretarse como condiciones necesarias, aunque no suficientes: la responsabilidad última recae en la academia, que actúa como responsable del tratamiento y debe informar a los socios y recabar su consentimiento explícito conforme a la normativa mexicana de protección de datos personales.

La arquitectura de datos del sistema abre, además, una perspectiva de valor a mediano plazo. La centralización de la información administrativa, financiera y federativa en un modelo relacional coherente constituye la base sobre la cual podrían implementarse analíticas avanzadas. Schwizer y Burch (2026) destacan que la superación de los sistemas de datos fragmentados es condición previa para el

aprovechamiento analítico de la información deportiva, mientras que Leon et al. (2025) documentan el potencial de la inteligencia artificial para el análisis de grandes volúmenes de datos y la personalización de decisiones. En este sentido, aunque el sistema desarrollado no incorpora todavía capacidades analíticas basadas en aprendizaje automático, su diseño integrado sienta las bases para incorporarlas — por ejemplo, en la predicción de la deserción de socios o en el análisis de tendencias de asistencia—, lo que lo diferencia de las hojas de cálculo y los registros manuales que predominan en el segmento.

El Marcador Electrónico atiende una necesidad concreta y frecuentemente desatendida: la de los torneos de cintas de colores, que constituyen la mayoría de los eventos locales y estatales y que no utilizan el sistema de petos sensorizados por su elevado costo. Si bien la literatura técnica y sectorial documenta el avance de los sistemas PSS de nivel olímpico, estos permanecen inaccesibles para el segmento amateur. La solución desarrollada no compite con esa tecnología, sino que ocupa un nicho complementario, aportando profesionalismo y transparencia al arbitraje manual sin la inversión que exige el equipamiento sensorizado. La arquitectura de dos ventanas con comunicación entre procesos y soporte para mandos inalámbricos demostró ser funcional e intuitiva para árbitros y técnicos de mesa.

Entre las limitaciones del estudio conviene precisar su alcance. Se trata de un trabajo de desarrollo tecnológico cuyos resultados evidencian el cumplimiento funcional de los objetivos, pero que no incorpora aún una evaluación empírica de usabilidad ni una medición cuantitativa del impacto económico en academias reales a lo largo del tiempo. El marcador opera con registro manual de puntos y no integra petos sensorizados, lo que es consistente con el segmento al que se dirige pero acota su uso en competencias federadas de alto nivel. Asimismo, el sistema funciona en modo local sin sincronización en la nube, condición que favorece la autonomía pero limita la operación multi-sede. Estas limitaciones no invalidan los hallazgos; los enmarcan y orientan las líneas de trabajo futuro, entre las que destacan la incorporación de una aplicación móvil para socios, la migración opcional a una arquitectura en la nube para cadenas de academias y la eventual integración con sistemas PSS mediante conexión inalámbrica o serial.

CONCLUSIONES

El proyecto cumplió la totalidad de los objetivos específicos planteados. Se desarrollaron e implementaron dos versiones funcionales del sistema de gestión —AXIS GYM Basic v1.1 y AXIS



GYM TKD v1.2—, el Marcador Electrónico para competencias, los instaladores distribuibles para Windows y los manuales de usuario de ambas versiones, lo que responde de manera directa al objetivo general de construir un sistema integral para la gestión administrativa y el apoyo a las competencias de academias de Taekwondo en México.

En cuanto a la pertinencia de la solución, el mercado de software de gestión para gimnasios y academias está dominado por plataformas extranjeras que desconocen la estructura federativa mexicana y presentan costos poco accesibles. AXIS GYM TKD cubre ese vacío con una propuesta local, en español y adaptada al Taekwondo nacional. Con aproximadamente 3,500 academias en el país —tanto federadas, que deben gestionar el RUF y el Registro Nacional de Cintas Negras, como no federadas, que requieren gestión básica de socios y membresías—, el mercado potencial es amplio y prácticamente carece de competencia directa en el segmento local.

La integración del lector ZKTeco mediante su kit de desarrollo oficial demostró que el lenguaje Python es viable para incorporar hardware periférico en aplicaciones de escritorio profesionales, y el modo de demostración automático facilita la adopción gradual del equipo biométrico. En el plano de la seguridad, el licenciamiento por identificador de hardware, el cifrado de contraseñas con SHA-256 y el control de acceso por roles constituyen un conjunto de medidas adecuado para el contexto de uso, con almacenamiento local de las plantillas biométricas como garantía frente al tratamiento de datos sensibles.

Finalmente, la investigación evidencia que la Ingeniería Electrónica encuentra un espacio genuino en el desarrollo de software que integra hardware periférico y resuelve problemas reales en contextos específicos. La academia de Taekwondo no es simplemente un gimnasio, sino una institución deportiva con una estructura administrativa, federativa y competitiva particular que demanda herramientas a su medida. AXIS GYM TKD y el Marcador Electrónico son el resultado de comprender ese contexto en profundidad y construir con la solidez técnica que exige un producto destinado a la operación real. Queda como trabajo futuro evaluar empíricamente su usabilidad e impacto, y continuar su evolución hacia una plataforma completa de gestión deportiva para el Taekwondo mexicano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, G., & Owen, M. (2010). *The definitive guide to SQLite* (2ª ed.). Apress.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4302-3226-1>
- Beltrán Benavides, M. A., Rodríguez Chaparro, Ó. A., García Celis, M. F., & Ruiz López, J. (2024). Una nueva mirada de la administración deportiva desde las metodologías ágiles. *Desbordes*, 15(1). <https://doi.org/10.22490/25394150.8047>
- Federación Mexicana de Taekwondo. (2024). *Instituciones afiliadas — Federación Mexicana de Taekwondo A.C. FMTKD*. <https://taekwondomexico.com.mx/instituciones-federacion-mexicana-de-taekwondo-a-c/>
- Gallardo-Guerrero, A. M., & Maciá-Andreu, M. J. (2024). Transformación digital: retos y oportunidades en la gestión del deporte. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 19(60). <https://doi.org/10.12800/ccd.v19i60.2220>
- GitHub, Inc. (2013). *Electron: Build cross-platform desktop apps with JavaScript, HTML, and CSS* [Software]. <https://www.electronjs.org/>
- Jain, A. K., Ross, A., & Prabhakar, S. (2004). An introduction to biometric recognition. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 14(1), 4–20. <https://doi.org/10.1109/TCSVT.2003.818349>
- Leon, D. E., Jiménez Rodríguez, C. A., & Ríos Roja, M. D. (2025). La influencia de la inteligencia artificial en el deporte: transformando el juego. *Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud*, 9, 14–22. <https://doi.org/10.23850/25393871.7115>
- Liao, Z., & Feng, X. (2008). Research and application of SQLite embedded database technology. *WSEAS Transactions on Computers*, 7(6), 960–969.
- Maltoni, D., Maio, D., Jain, A. K., & Prabhakar, S. (2009). *Handbook of fingerprint recognition* (2ª ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-254-2>
- Mercader Uguina, J. R. (2024). El «Big Bang» de la biometría laboral. De la huella dactilar a los neurodatos. *Labos: Revista de Derecho del Trabajo y Protección Social*, 5(2), 4–23. <https://doi.org/10.20318/labos.2024.8749>



- Mercado Fitness. (2026, 29 de enero). *Fitness en México: una industria que ya mueve más de 38 mil millones de pesos*. La Silla Rota. <https://lasillarota.com/negocios/2026/1/29/fitness-en-mexico-una-industria-que-ya-mueve-mas-de-38-mmdp-582948.html>
- Quishpe Veloz, K. A., Chisag Llumiquinga, C. I., & Talavera Iza, E. R. (2024). La transformación digital en el deporte: el impacto de las TICs en la mejora del rendimiento deportivo y la experiencia del usuario. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(4), 1145–1154. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i4.2321>
- Rodríguez Chinchilla, J. L., Morales Sevilla, C. N., Rosales Andrade, C. S., Andrade Álvarez, B. S., De la Cruz Cushcagua, S. G., & Meneses Fuentes, F. S. (2025). Transformación digital en clubes deportivos: un sistema web integral para la gestión de cobros, inventario y fichas de atletas. *Revista Científica Dejando Huellas*, 4(2), 96–111.
- Schwizer, D., & Burch, M. (2026). Data challenges in sports organizations. En *Data excellence in sports. Management for professionals*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-032-10993-4_3
- Valcarce, M. (2023). *Inteligencia artificial aplicada al deporte: una revolución responsable que cambia las reglas del juego*. Sociedad Española de Economía del Deporte (SEED). <https://www.seed-deporte.es/>
- Van Rossum, G., & Drake, F. L. (2009). *Python 3 reference manual*. CreateSpace.
- World Taekwondo. (2023). *Competition rules & interpretation*. World Taekwondo. <https://www.worldtaekwondo.org/>
- World Taekwondo. (2026). *About World Taekwondo — Member nations & global reach*. World Taekwondo. <https://www.worldtaekwondo.org/about-wt/organization.html>
- ZKTeco. (2023). *ZKFinger SDK developer guide*. ZKTeco Inc. <https://www.zkteco.com/>

