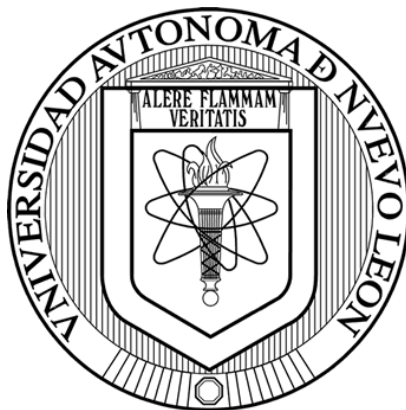


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL UNIVERSITARIO “DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ”



PRESENCIA DE HALLAZGOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS, PERFIL
ELECTROCARDIOGRÁFICO POR POSICIÓN Y RELACIÓN CON EL CONSUMO DE
OXÍGENO: UN ESTUDIO RETROSPECTIVO EN BEISBOLISTAS DE LA LMB

POR

DR. ADRIÁN ALEJANDRO MÉNDEZ TAPIA

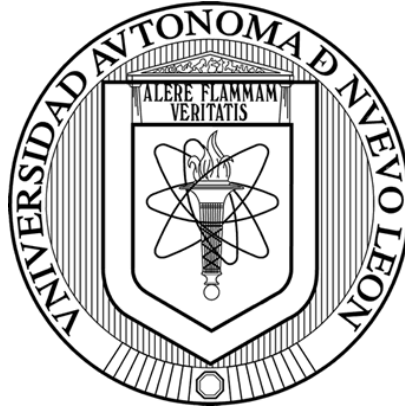
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DEL DEPORTE Y REHABILITACIÓN

AGOSTO 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL UNIVERSITARIO “DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ”



PRESENCIA DE HALLAZGOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS, PERFIL
ELECTROCARDIOGRÁFICO POR POSICIÓN Y RELACIÓN CON EL CONSUMO DE
OXÍGENO: UN ESTUDIO RETROSPECTIVO EN BEISBOLISTAS DE LA LMB

POR

DR. ADRIÁN ALEJANDRO MÉNDEZ TAPIA

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DEL DEPORTE Y REHABILITACIÓN

DIRECTOR DE TESIS

DR. JOSÉ ÁNGEL GARZA CANTÚ

AGOSTO 2026

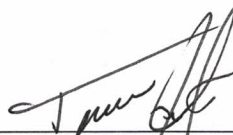
**“PRESENCIA DE HALLAZGOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS, PERFIL
ELECTROCARDIOGRÁFICO POR POSICIÓN Y RELACIÓN CON EL CONSUMO DE
OXÍGENO: UN ESTUDIO RETROSPECTIVO EN BEISBOLISTAS DE LA LMB”**

Aprobación de la tesis



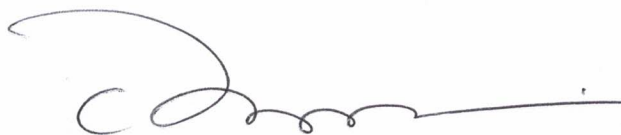
Dr. José Ángel Garza Cantú

**Director de Tesis y Jefe de Departamento
Medicina del Deporte y Rehabilitación**



Dr. MCs. Tomás Javier Martínez Cervantes PhD

**Coordinador de Enseñanza
Medicina del Deporte y Rehabilitación**



Dr. Med. Felipe Arturo Morales Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado

PRÓLOGO

El deporte de alto rendimiento constituye un escenario privilegiado para el análisis de las interacciones entre la actividad física, la salud y el desempeño humano. Dentro de este contexto, el béisbol se ha consolidado como una disciplina de amplia relevancia histórica, cultural y profesional, tanto en México como a nivel internacional, con un impacto que trasciende el ámbito deportivo para influir en dimensiones sociales, económicas y formativas. Su práctica profesional implica demandas físicas complejas y prolongadas, así como procesos de adaptación fisiológica que requieren ser comprendidos y evaluados desde una perspectiva científica rigurosa.

La medicina del deporte desempeña un papel fundamental en la promoción de la salud, la prevención de riesgos y la optimización del rendimiento en los atletas. En disciplinas como el béisbol, donde el perfil fisiológico combina esfuerzos intermitentes de alta intensidad con periodos extensos de entrenamiento, competencia y desplazamiento, resulta particularmente relevante el seguimiento integral del estado de salud del deportista. En este marco, la evaluación cardiovascular representa un componente esencial del reconocimiento médico/deportivo, no solo por su valor preventivo frente a eventos adversos, sino también por su utilidad para comprender las adaptaciones derivadas del entrenamiento sistemático.

El electrocardiograma en reposo y la prueba de esfuerzo son herramientas ampliamente utilizadas en la práctica clínica y deportiva para la valoración cardiovascular. No obstante, la interpretación de sus resultados en atletas plantea desafíos específicos, derivados de las adaptaciones fisiológicas propias del entrenamiento crónico, las cuales pueden diferir de aquellas

observadas en la población general. Esta particularidad subraya la necesidad de generar conocimiento contextualizado que permita interpretar adecuadamente los hallazgos clínicos en poblaciones deportivas específicas.

En el caso del béisbol profesional, la evidencia científica disponible sobre el perfil cardiovascular de sus atletas es aún limitada en comparación con la existente en otras disciplinas deportivas. La escasez de estudios que integren variables clínicas, funcionales y de rendimiento dificulta la construcción de referencias claras para la evaluación y el seguimiento médico de estos deportistas. Esta situación plantea la necesidad de continuar desarrollando investigación aplicada que contribuya a caracterizar de manera más precisa las adaptaciones cardiovasculares asociadas a la práctica del béisbol de alto rendimiento.

En este sentido, el presente trabajo se inscribe en el esfuerzo por fortalecer el conocimiento científico en el ámbito de la medicina del deporte, aportando información que permita mejorar la comprensión del perfil cardiovascular del beisbolista profesional. El abordaje de esta temática busca contribuir a una práctica clínica más informada, a la toma de decisiones basada en evidencia y al desarrollo de estrategias de evaluación y seguimiento que respondan a las particularidades de esta disciplina deportiva.

AGRADECIMIENTO

La realización de la presente tesis fue posible gracias al apoyo y acompañamiento de diversas personas que contribuyeron de manera significativa a mi formación académica, profesional, personal. En primer lugar, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis y jefe del departamento, el Dr. José Ángel Garza Cantú, por su orientación, disposición y valiosas aportaciones a lo largo de todo el proceso de investigación, así como por su compromiso con el rigor científico y la formación profesional.

De manera especial, agradezco a mis maestros; Dr. Tomas, Dr. Antonino, Dr. Barrón, Dra. Karina, Dr. Ángel, Dr. Salas, Dr. Ochoa, Dr. Albo, quienes a lo largo de mi formación no solo compartieron conocimientos, sino también experiencia, criterio clínico y pasión por la medicina y la investigación. Sus enseñanzas fueron fundamentales para desarrollar una visión crítica, ética y responsable del ejercicio profesional, y dejaron una huella que trasciende este trabajo académico.

Asimismo, quiero agradecer al personal administrativo de la institución, en especial a Bety, Mary, Rosario y Claudia, quienes con su apoyo constante y su calidad humana me hicieron sentir acompañado y en casa durante todo este proceso, así como a Alba, Yareli, Alejandra y Hania, que con su cercanía y solidaridad se convirtieron en un apoyo invaluable, casi como hermanas para mí. Su disposición, orientación y ayuda diaria hicieron mucho más llevaderos los procesos académicos y administrativos necesarios para la realización de esta tesis. Su trabajo, muchas veces silencioso, pero siempre fundamental, fue clave para que esta etapa pudiera llevarse a cabo de la mejor manera.

De manera muy especial, quiero agradecer a mis coresidentes, y en particular a Miguel, por su amistad y hermandad, por el apoyo constante, la compañía y el vínculo que construimos, así como por su motivación y por enseñarme a ver aquello que muchas veces los demás no ven. A Eliezer, gracias por ser un ejemplo, por acompañarme siempre, por motivarme y por recordarme, incluso en los momentos difíciles, que puedo ser quien yo quiera ser. A Francisco, gracias por hacerme reír, por ser un hermano y por enseñarme el valor de la fidelidad y de estar presente cuando más se necesita. Y a Mónica, gracias por enseñarme la humanidad en lo cotidiano, por su cariño, su compañía y su apoyo incondicional, y por ver siempre lo bueno en mí, incluso cuando yo no podía hacerlo.

A mi madre, gracias por ver en mí la luz incluso cuando parecía que solo había oscuridad, por creer en mí aun en los momentos de mayor duda y por sostenerme con su amor incondicional cuando más lo necesité. Gracias por alentarme constantemente, por aceptarme tal como soy, por quererme sin condiciones y por motivarme a seguir adelante, incluso cuando el camino parecía incierto. Tu confianza y tu fortaleza fueron un motor silencioso pero permanente a lo largo de todo este proceso.

A mi padre, fuerte como un roble, gracias por estar siempre presente, por enseñarme con el ejemplo el valor de la constancia y la responsabilidad, y por demostrarme día a día que el cariño de un padre es incondicional. Gracias por apoyarme sin reservas, por facilitarme siempre lo necesario y por brindarme seguridad y respaldo en cada etapa, incluso sin necesidad de palabras.

A mi hermano, gracias por ser siempre una figura de admiración y ejemplo, por enseñarme que la perseverancia, el esfuerzo y la inteligencia, cuando se trabajan con constancia, pueden llevar a alcanzar grandes metas. Tu camino ha sido una inspiración silenciosa que me ha impulsado a seguir creciendo y a aspirar a ser mejor cada día.

A mis compañeros mayores y menores, gracias por el compañerismo, el apoyo y las experiencias compartidas a lo largo de este camino. Aprender junto a ustedes, intercambiar ideas y acompañarnos mutuamente hizo esta etapa más enriquecedora y significativa, tanto en lo académico como en lo personal.

DEDICATORIA

Para Carol y Ángel

Que sigan siempre el camino de sus sueños, confíen en ellos, caminen con valentía hacia lo que desean; así como yo persigo los míos.

Deseo que ustedes alcancen todo aquello que su corazón anhela.

TABLA DE CONTENIDO

PRÓLOGO.....	I
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	VI
TABLA DE CONTENIDO.....	VII
LISTA DE IMÁGENES	X
LISTA DE TABLAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XV
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Pregunta de investigación	3
1.3 Hipótesis	3
1.3.1 Hipótesis nula (H_0)	3
1.3.2 Hipótesis alterna (H_1)	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Justificación	5
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Fisiología cardiovascular durante el ejercicio	6
2.1.1 Respuesta cardiovascular fisiológica al ejercicio agudo	6
2.1.2 Adaptación morfofuncional al entrenamiento continuo	6
2.2 Corazón del atleta	7
2.2.1 Concepto	7
2.2.2 Hallazgos electrocardiográficos en atletas	7
2.3 Valoración morfofuncional del deportista	8
2.3.1 Valoración de la capacidad aeróbica	10
2.3.2 Valoración de la composición corporal	11
2.4 Una valoración individualizada	12
2.5 Anatomía del béisbol	13
2.5.1 El béisbol como un deporte complejo	13
2.5.2 Función y capacidades de cada posición de juego	15
CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES.....	16
3.1 Evaluación cardiovascular en atletas	16
3.2 El corazón del atleta y la adaptación al entrenamiento.....	17
3.3 $VO_{2\text{máx}}$ en atletas y deportes intermitentes	18
3.4 Relación entre hallazgos electrocardiográficos y el $VO_{2\text{máx}}$	19
3.5 Perfil fisiológico y cardiovascular del beisbolista	20
3.5.1 Composición corporal del beisbolista.....	20
3.5.2 $VO_{2\text{máx}}$ en beisbolistas	21
3.5.3 Hallazgos electrocardiográficos en beisbolistas	22

3.6 Relación entre los hallazgos electrocardiográficos y el VO ₂ máx en beisbolistas profesionales	22
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	24
4.1 Material	24
4.2 Metodología	24
4.2.1 Diseño de estudio	24
4.2.2 Lugar o sitio del estudio	24
4.2.3 Población de estudio	25
4.2.4 Criterios de inclusión	25
4.2.5 Criterios de exclusión	25
4.2.6 Criterios de eliminación	25
4.2.7 Variables del estudio	26
4.2.8 Análisis estadístico	27
4.2.9 Estadística descriptiva y evaluación de normalidad	27
4.2.10 Comparación de variables continuas entre posiciones	27
4.2.11 Asociación entre posición y clasificación electrocardiográfica global	27
4.2.12 Composición corporal según la clasificación electrocardiográfica	28
4.2.13 Relación entre VO ₂ máx y clasificación electrocardiográfica	28
4.2.14 Relación entre VO ₂ máx y hallazgos electrocardiográficos específicos	28
4.2.15 Correlación entre número de hallazgos electrocardiográficos y VO ₂ máx	28
4.2.16 Correlación entre VO ₂ máx y variables electrocardiográficas continuas	29
4.2.17 Análisis multivariado y análisis de sensibilidad	29
4.2.18 Nivel de significancia y consideraciones éticas	29
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	31
5.1 Características generales de la muestra	31
5.2 Características morfofuncionales por posición	31
5.3 Comparación de variables continuas entre posiciones de juego	32
5.4 Perfil electrocardiográfico y consistencia de los datos	32
5.5 Composición corporal según la clasificación electrocardiográfica	33
5.6 VO ₂ máx según la clasificación electrocardiográfica	34
5.7 VO ₂ máx según la interpretación clínica y la agrupación descriptiva del ECG	34
5.8 VO ₂ máx y hallazgos electrocardiográficos específicos	35
5.9 Correlación entre el número de hallazgos electrocardiográficos y el VO ₂ máx	35
5.10 Relación entre VO ₂ máx y variables electrocardiográficas continuas	35
5.11 Modelo multivariado para VO ₂ máx	36
CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN	38
6.1 Limitaciones	41
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES	44
7.1 Implicaciones clínico-prácticas	44
7.2 Recomendaciones para futuras investigaciones	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
APÉNDICE A. DICCIONARIO DE VARIABLES DE LA BASE ANALÍTICA	51
APÉNDICE B. DICCIONARIO DE CÓDIGOS ELECTROCARDIOGRÁFICOS	53
APÉNDICE C. TRAZABILIDAD Y CONTROL DE CALIDAD	55
APÉNDICE D. RESULTADOS ESTADÍSTICOS COMPLEMENTARIOS	56
APÉNDICE E. ESPECIFICACIÓN REPRODUCIBLE DEL ANÁLISIS	58

APÉNDICE F. MATRICES NUMÉRICAS DE VERIFICACIÓN	61
APÉNDICE G. NOTAS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL REANÁLISIS	63

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Plano de juego y posición de los jugadores	14
--	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Hallazgos electrocardiográficos fisiológicos	8
Tabla 2. Hallazgos electrocardiográficos limítrofes	9
Tabla 3. Hallazgos electrocardiográficos patológicos	10
Tabla 4. Posiciones del béisbol, rol y capacidades	15
Tabla 5. Distribución de la muestra por posición y nacionalidad	31
Tabla 6. Características morfofuncionales por posición de juego	31
Tabla 7. Comparación de variables continuas entre posiciones	32
Tabla 8. Auditoría y reglas de derivación electrocardiográfica	32
Tabla 9. Prevalencia de hallazgos electrocardiográficos por posición	33
Tabla 10. Clasificación electrocardiográfica reconstruida por posición	33
Tabla 11. Composición corporal según la clasificación electrocardiográfica reconstruida	34
Tabla 12. VO_2 máx según la clasificación electrocardiográfica reconstruida	34
Tabla 13. VO_2 máx según interpretaciones binarias del ECG	35
Tabla 14. Hallazgos electrocardiográficos frecuentes y VO_2 máx	35
Tabla 15. Correlación entre número de hallazgos y VO_2 máx	35
Tabla 16. Correlación entre VO_2 máx y variables electrocardiográficas continuas	36
Tabla 17. Modelo de regresión lineal múltiple para VO_2 máx	36
Tabla 18. Diagnósticos y análisis de sensibilidad del modelo	37

LISTA DE ABREVIATURAS

ACSM – American College of Sports Medicine

ANOVA – Análisis de varianza

AV – Auriculoventricular

BIA – Bioimpedancia eléctrica

DE – Desviación estándar

ECG – Electrocardiograma

FC – Frecuencia cardíaca

FDR – Tasa de falsos descubrimientos

HC3 – Estimador robusto de la matriz de covarianza tipo 3

HVI – Hipertrofia ventricular izquierda; en resultados, criterio de voltaje

IC 95% – Intervalo de confianza del 95%

LMB – Liga Mexicana de Béisbol

lpm – Latidos por minuto

ml/kg/min – Mililitros por kilogramo por minuto

ms – Milisegundos

PR – Intervalo PR del electrocardiograma

QTc – Intervalo QT corregido

QRS – Complejo QRS

RIQ – Rango intercuartílico

RER – Cociente de intercambio respiratorio

SPSS – Statistical Package for the Social Sciences

VIF – Factor de inflación de la varianza

VO₂máx – Consumo máximo de oxígeno

RESUMEN

Introducción: El electrocardiograma (ECG) del atleta requiere criterios específicos para diferenciar adaptaciones relacionadas con el entrenamiento de hallazgos que ameritan evaluación adicional. En el béisbol profesional existe poca evidencia que integre la interpretación del ECG, la posición de juego, la composición corporal y la capacidad aeróbica medida directamente.

Objetivo: Analizar la asociación entre los hallazgos electrocardiográficos en reposo y el consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), y describir su distribución y el perfil morfofuncional según la posición de juego en beisbolistas profesionales de la Liga Mexicana de Béisbol.

Material y métodos: Estudio observacional, retrospectivo y transversal de 95 evaluaciones de hombres realizadas entre marzo de 2022 y marzo de 2024. El ECG y la prueba de esfuerzo se realizaron con sistema CPET BTL. La ergoespirometría empleó una rampa en banda sin fin a 1% de inclinación, iniciada a 6 km/h y aumentada 1 km/h cada minuto; todos los expedientes cumplieron los criterios de maximalidad. La composición corporal se evaluó con equipo InBody. Se auditaron los hallazgos individuales del ECG y se reconstruyó su clasificación con una regla jerárquica. Se utilizaron pruebas de Welch o Kruskal–Wallis, Games–Howell, prueba exacta condicional mediante Monte Carlo, U de Mann–Whitney, corrección de Holm, correlación de Spearman con control de la tasa de falsos descubrimientos y regresión lineal con posición categórica y errores robustos HC3.

Resultados: Se incluyeron 54 lanzadores, 19 jugadores de cuadro, 14 jardineros y 8 receptores. El $\text{VO}_{2\text{máx}}$ fue 42.66 ± 8.00 ml/kg/min. Se clasificaron 33 ECG sin hallazgos, 47

con hallazgos fisiológicos, 7 con hallazgos limítrofes y 8 con hallazgos patológicos; 9 jugadores cumplieron la regla de evaluación adicional. La distribución de las cuatro categorías no difirió por posición (Monte Carlo $p = 0.862$). Grasa y músculo mostraron diferencias globales exploratorias entre categorías ($p = 0.040$ y $p = 0.045$), pero ninguna comparación pareada permaneció significativa tras corrección de Holm y no hubo diferencias según necesidad de evaluación adicional. El $\text{VO}_2\text{máx}$ tampoco difirió entre las cuatro categorías ($p = 0.086$) ni entre quienes requerían o no evaluación adicional ($p = 0.101$). En el modelo ajustado (R^2 ajustado = 0.300), la edad ($B = -0.374$; $p = 0.001$) y el porcentaje de grasa ($B = -0.502$; $p < 0.001$) se asociaron inversamente con el $\text{VO}_2\text{máx}$; la interpretación clínica del ECG no mostró asociación independiente ($B = -0.932$; $p = 0.668$). El eje eléctrico presentó una asociación exploratoria positiva con $\text{VO}_2\text{máx}$ ($\rho = 0.302$; p ajustada = 0.021).

Conclusiones: En esta muestra, la interpretación del ECG en reposo no funcionó como marcador independiente de capacidad aeróbica y no se identificó una asociación robusta entre la composición corporal y la clasificación del ECG. La edad y el porcentaje de grasa fueron factores asociados con el $\text{VO}_2\text{máx}$. La ausencia de asociación funcional no permite considerar benignos los hallazgos patológicos, los cuales conservan su indicación de evaluación clínica conforme a los criterios vigentes.

Palabras clave: electrocardiograma; atleta; béisbol profesional; consumo máximo de oxígeno; composición corporal; medicina del deporte.

ABSTRACT

Introduction: Athlete electrocardiograms (ECGs) require specific criteria to distinguish training-related adaptations from findings warranting further evaluation. Evidence integrating ECG interpretation, playing position, body composition, and directly measured aerobic capacity in professional baseball remains limited.

Objective: To assess the association between resting ECG findings and maximal oxygen uptake ($\text{VO}_{2\text{max}}$), and to describe their distribution and the morphofunctional profile by playing position among Mexican Baseball League professional players.

Methods: This observational, retrospective, cross-sectional study included 95 assessments of men performed from March 2022 to March 2024. ECG and exercise testing were performed with a BTL CPET system. The treadmill ramp used a constant 1% incline, started at 6 km/h, and increased by 1 km/h each minute; all records met maximality criteria. Body composition was assessed with an InBody device. Individual ECG findings were audited and the global classification was reconstructed using a hierarchical rule. Welch or Kruskal–Wallis tests, Games–Howell comparisons, a conditional Monte Carlo exact test, Mann–Whitney U tests, Holm correction, Spearman correlations with false-discovery-rate control, and linear regression with playing position treated as categorical and HC3 robust standard errors were used.

Results: The sample included 54 pitchers, 19 infielders, 14 outfielders, and 8 catchers. Mean $\text{VO}_{2\text{max}}$ was 42.66 ± 8.00 ml/kg/min. Thirty-three ECGs had no findings, 47 had training-related findings, 7 had borderline findings, and 8 had abnormal findings; 9 players met the rule for additional evaluation. The four-category distribution did not differ by position (Monte Carlo $p = 0.862$). Body fat and muscle percentage showed exploratory global differences across categories ($p = 0.040$ and $p = 0.045$), but no pairwise comparison remained significant

after Holm correction and neither variable differed according to the need for additional evaluation. VO_2max did not differ among the four categories ($p = 0.086$) or according to the need for additional evaluation ($p = 0.101$). In the adjusted model (adjusted $R^2 = 0.300$), age ($B = -0.374$; $p = 0.001$) and body-fat percentage ($B = -0.502$; $p < 0.001$) were inversely associated with VO_2max ; clinical ECG interpretation was not independently associated ($B = -0.932$; $p = 0.668$). Electrical axis showed an exploratory positive association with VO_2max ($p = 0.302$; adjusted $p = 0.021$).

Conclusions: Resting ECG interpretation was not an independent marker of aerobic capacity, and no robust association between body composition and ECG classification was identified. Age and body-fat percentage were associated with VO_2max . A lack of functional association does not establish that abnormal ECG findings are benign; they still warrant clinical evaluation under current recommendations.

Keywords: electrocardiogram; athlete; professional baseball; maximal oxygen uptake; body composition; sports medicine.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El béisbol es un deporte de conjunto originado en Estados Unidos durante el siglo XIX, caracterizado por la confrontación de dos equipos conformados por nueve jugadores que alternan entre fases ofensivas y defensivas. El objetivo principal del juego es anotar carreras mediante el golpeo de una pelota con un bate y el desplazamiento secuencial por cuatro bases dispuestas en un campo con forma de diamante. El desarrollo del juego se organiza en nueve entradas o innings, lo que exige de los jugadores elevados niveles de precisión técnica, toma de decisiones estratégicas, coordinación motora, reflejos y trabajo en equipo.

Desde una perspectiva académica, el béisbol constituye un modelo útil para estudiar la interacción entre fuerza, velocidad, coordinación, precisión y toma de decisiones. Estas exigencias no son homogéneas entre posiciones y se reflejan en perfiles antropométricos y de rendimiento diferenciados en jugadores profesionales (Hoffman et al., 2009; Yang et al., 2014).

En México, el béisbol posee relevancia histórica, cultural y social. Su consolidación profesional se vinculó con transformaciones económicas, políticas y urbanas del país, y la Liga Mexicana de Béisbol se convirtió en uno de los principales espacios institucionales de la disciplina (Celis Galindo & Herrera Paz, 2020). Su presencia es particularmente visible en estados del norte y del litoral, donde forma parte de la identidad deportiva regional.

El impacto del béisbol en México trasciende la competencia. La trayectoria de equipos, estadios, promotores y figuras públicas ha acompañado procesos de producción del espacio y de identidad colectiva. Este contexto ayuda a comprender por qué el estudio de la salud

de sus jugadores profesionales posee interés deportivo y social, además de relevancia clínica (Celis Galindo & Herrera Paz, 2020).

A nivel internacional, el béisbol se posiciona como uno de los deportes más influyentes, con una amplia difusión en países como Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, Cuba, Venezuela, República Dominicana, México y Puerto Rico. Su inclusión en el programa olímpico durante los Juegos Olímpicos de Tokio 2020, aunque de forma intermitente, así como la realización de torneos de alcance global como el World Baseball Classic, reflejan su relevancia competitiva y su capacidad de convocatoria a nivel mundial (Arth et al., 2025).

El béisbol puede entenderse como una disciplina que articula dimensiones deportivas, científicas, culturales, sociales y económicas. Su profunda implantación en México y su relevancia internacional lo convierten en un contexto particularmente pertinente para el análisis del rendimiento, la salud y las adaptaciones fisiológicas de los atletas, especialmente en el ámbito del deporte profesional. Si bien el béisbol presenta una naturaleza intermitente y suele asociarse a un predominio anaeróbico, la práctica de alto rendimiento implica exposiciones repetidas a cargas cardiovasculares variables a lo largo de entrenamientos, competencias, temporadas prolongadas y periodos extensos de viaje. Esta realidad hace pertinente una vigilancia sistemática de la salud cardiovascular en esta población.

1.1 Planteamiento del problema

La evaluación cardiovascular del deportista busca reconocer tanto las adaptaciones fisiológicas del entrenamiento como las señales que podrían corresponder a enfermedad. El ECG en reposo aporta información eléctrica, mientras que la ergoespirometría

cuantifica la respuesta integrada de los sistemas cardiovascular, respiratorio y muscular. Aunque ambos procedimientos forman parte de la valoración médico-deportiva, describen dimensiones distintas y no debe suponerse que una clasificación electrocardiográfica predice por sí misma la capacidad aeróbica.

El béisbol profesional combina acciones breves de alta intensidad, periodos de recuperación y una especialización marcada por posición. Estas características pueden acompañarse de diferencias en composición corporal y demanda funcional. Sin embargo, la evidencia específica sobre la distribución de hallazgos electrocardiográficos y su relación con el $VO_{2\text{máx}}$ en beisbolistas profesionales mexicanos es escasa. La interpretación se complica además porque los grupos posicionales son desiguales y porque un hallazgo limítrofe aislado no equivale, según los Criterios Internacionales, a un ECG patológico.

Por ello, el problema de investigación se delimitó a estimar la asociación global entre la interpretación del ECG y el $VO_{2\text{máx}}$, describir las variables morfofuncionales por posición y explorar asociaciones con variables electrocardiográficas continuas. El propósito no fue inferir causalidad ni declarar benignos los hallazgos anormales a partir del rendimiento funcional.

1.2 Pregunta de investigación

¿Existe una asociación entre los hallazgos electrocardiográficos en reposo y el $VO_{2\text{máx}}$ en beisbolistas profesionales de la Liga Mexicana de Béisbol, y cómo se distribuyen estos hallazgos y el perfil morfofuncional según la posición de juego?

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis nula (H_0)

La interpretación de los hallazgos electrocardiográficos en reposo no se asocia con el $\text{VO}_2\text{máx}$ en beisbolistas profesionales de la Liga Mexicana de Béisbol.

1.3.2 Hipótesis alterna (H_1)

La interpretación de los hallazgos electrocardiográficos en reposo se asocia con el $\text{VO}_2\text{máx}$ en beisbolistas profesionales de la Liga Mexicana de Béisbol.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la asociación entre los hallazgos electrocardiográficos en reposo y el $\text{VO}_2\text{máx}$, y describir su distribución y el perfil morfofuncional según la posición de juego en beisbolistas profesionales de la Liga Mexicana de Béisbol.

1.4.2 Objetivos específicos:

1. Describir la edad, composición corporal, frecuencia cardíaca en reposo y $\text{VO}_2\text{máx}$ de la muestra y por posición de juego.
2. Comparar las variables morfofuncionales entre lanzadores, receptores, jugadores de cuadro y jardineros.
3. Reconstruir la clasificación electrocardiográfica a partir de los hallazgos individuales y describir su prevalencia por posición.
4. Evaluar la asociación entre la clasificación electrocardiográfica y el $\text{VO}_2\text{máx}$ mediante análisis no ajustados y multivariados.

5. Explorar las diferencias de composición corporal según la clasificación electrocardiográfica y la relación entre hallazgos específicos, número de hallazgos, variables electrocardiográficas continuas y $\text{VO}_2\text{máx}$.
6. Documentar la robustez de los resultados mediante control de comparaciones múltiples, errores estándar robustos y análisis de sensibilidad.

1.5 Justificación

La valoración del deportista profesional debe integrar seguridad clínica y rendimiento sin confundir ambos objetivos. Un ECG anormal puede conservar relevancia clínica aunque no se acompañe de menor $\text{VO}_2\text{máx}$; del mismo modo, un $\text{VO}_2\text{máx}$ elevado no excluye cardiopatía. Examinar ambas dimensiones en la misma población ayuda a evitar interpretaciones reduccionistas y a definir con mayor precisión el alcance de cada prueba.

La población de la LMB está poco representada en la literatura internacional. Su caracterización aporta datos locales sobre posición, composición corporal, capacidad aeróbica y patrones electrocardiográficos. Esta información puede orientar hipótesis para estudios prospectivos y mejorar la comunicación clínica, pero no pretende establecer valores normativos ni sustituir la evaluación individual.

La auditoría de los datos es también relevante. Cuando los hallazgos individuales y una variable resumida no coinciden, la reproducibilidad exige explicitar la regla usada para derivar las categorías. El presente trabajo documenta esas decisiones, emplea pruebas acordes con el tamaño y la distribución de los grupos y separa la interpretación clínica recomendada de una agrupación descriptiva utilizada solo como análisis de sensibilidad.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fisiología cardiovascular durante el ejercicio

La fisiología cardiovascular durante el ejercicio se sustenta en dos objetivos fundamentales: la respuesta fisiológica al ejercicio agudo y la adaptación morfofuncional al entrenamiento continuo, distinción esencial para interpretar los cambios cardiovasculares observados en los deportistas.

2.1.1 Respuesta cardiovascular fisiológica al ejercicio agudo

La respuesta fisiológica al ejercicio agudo comprende ajustes inmediatos, transitorios y reversibles. Aumentan la frecuencia cardíaca, el volumen sistólico y el gasto cardíaco; la ventilación se adapta al intercambio gaseoso y el músculo incrementa la extracción y utilización de oxígeno. La magnitud de estas respuestas depende de la intensidad, la masa muscular activa y el entrenamiento. Al finalizar el estímulo, las variables regresan progresivamente hacia el estado basal (American College of Sports Medicine, 2021).

2.1.2 Adaptación morfofuncional al entrenamiento continuo

Las adaptaciones morfofuncionales al entrenamiento continuo son cambios persistentes producidos por la exposición repetida. Incluyen aumento del volumen sistólico, modificaciones del tamaño de las cavidades, mejor regulación autonómica y adaptaciones periféricas en el músculo. El patrón depende del tipo, volumen e intensidad del entrenamiento y no es idéntico en todos los deportistas. En conjunto, estas respuestas explican parte de la mayor eficiencia fisiológica observada en personas entrenadas (Baggish & Wood, 2011; American College of Sports Medicine, 2021).

2.2 Corazón del atleta

2.2.1 Concepto

El concepto de corazón del atleta, actualmente descrito como remodelado cardíaco inducido por el ejercicio, hace referencia a un conjunto de adaptaciones estructurales, funcionales y eléctricas que se desarrollan como respuesta al entrenamiento crónico. Estas adaptaciones incluyen dilatación fisiológica de las cavidades cardíacas, aumento del volumen sistólico y bradicardia sinusal, especialmente en atletas de resistencia, y se asocian con una mayor eficiencia cardiovascular y elevada capacidad cardiorrespiratoria. No obstante, dichas modificaciones pueden generar hallazgos electrocardiográficos que se superponen con patrones patológicos, lo que plantea un desafío diagnóstico en la evaluación del deportista (Hsieh et al., 2025). En este contexto, la interpretación del electrocardiograma debe realizarse de manera integrada con variables funcionales como el consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{máx}}$), así como con el tipo y volumen de entrenamiento, para diferenciar adecuadamente entre adaptación fisiológica y enfermedad cardiovascular subyacente.

2.2.2 Hallazgos electrocardiográficos en atletas

Los criterios internacionales para la interpretación electrocardiográfica en atletas establecen una clasificación estandarizada de los hallazgos del ECG en fisiológicos (**Tabla 1**), en el límite (**Tabla 2**) y patológicos (**Tabla 3**), con el objetivo de diferenciar las adaptaciones eléctricas inducidas por el entrenamiento de aquellas sugestivas de enfermedad cardiovascular (Drezner et al., 2013; Sharma et al., 2017). Este consenso reconoce que hallazgos como la bradicardia sinusal, el aumento de voltaje ventricular o la repolarización precoz reflejan una mayor eficiencia cardiovascular en atletas entrenados, mientras que otras alteraciones requieren

evaluación adicional. La aplicación de estos criterios mejora la especificidad diagnóstica del ECG y reduce los falsos positivos, reforzando su utilidad como herramienta clave en la evaluación cardiovascular del deportista cuando se interpreta de forma integrada con el contexto clínico y funcional.

Estos hallazgos suelen encontrarse en el electrocardiograma en reposo que se realiza por rutina junto con la valoración morfofuncional regular que se lleva a cabo en deportistas.

2.3 Valoración morfofuncional del deportista

La valoración morfofuncional del deportista es un proceso sistemático para describir capacidad aeróbica, composición corporal, fuerza, potencia, velocidad, movilidad y otras dimensiones pertinentes para la disciplina. Proporciona datos objetivos para individualizar el seguimiento médico y el entrenamiento. Las herramientas pueden incluir ergoespiometría, antropometría, bioimpedancia, dinamometría y pruebas de campo; el método y sus condiciones deben documentarse para permitir comparaciones válidas (American College of Sports Medicine, 2021; Ackland et al., 2012).

Tabla 1. Hallazgos electrocardiográficos fisiológicos.

Hallazgo electrocardiográfico	Descripción electrocardiográfica (cómo se observa en el ECG)
Bradicardia sinusal	Frecuencia cardíaca en reposo ≥ 30 lpm, ritmo sinusal regular, onda P normal precediendo a cada QRS
Arritmia sinusal	Variación cíclica del intervalo R–R asociada a la respiración, con morfología normal del QRS
Ritmo auricular ectópico / ritmo de la unión	Ondas P con morfología diferente o ausentes; QRS estrecho y regular

Hallazgo electrocardiográfico	Descripción electrocardiográfica (cómo se observa en el ECG)
Bloqueo AV de primer grado	Intervalo PR prolongado entre 200–400 ms, constante
Bloqueo AV de segundo grado tipo I (Wenckebach)	Prolongación progresiva del PR hasta una onda P no conducida
Voltaje QRS aumentado (HVI/HVD aislada)	Amplitud elevada de ondas R y/o S que cumple criterios de voltaje sin alteraciones de repolarización
Repolarización precoz	Elevación del punto J ≥ 0.1 mV, con elevación del ST de morfología ascendente y ondas J visibles
Bloqueo incompleto de rama derecha	QRS < 120 ms con patrón rSr' en V1–V2
Patrón afrodescendiente	Elevación del ST convexa seguida de inversión de onda T en V1–V4, precedida por punto J elevado
Patrón juvenil de onda T	Inversión de onda T en V1–V3 en menores de 16 años, sin otros hallazgos anormales

Fuente: International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: consensus statement (2017)

Tabla 2. Hallazgos electrocardiográficos limítrofes.

Hallazgo electrocardiográfico	Descripción electrocardiográfica (cómo se observa en el ECG)
Desviación del eje a la izquierda	<i>Eje QRS entre -30° y -90°</i>
Desviación del eje a la derecha	Eje QRS $\geq 120^\circ$
Crecimiento auricular izquierdo	Onda P ≥ 120 ms, entallada en DII o componente negativo profundo en V1
Crecimiento auricular derecho	Onda P picuda ≥ 2.5 mm en derivaciones inferiores
Bloqueo completo de rama derecha	QRS ≥ 120 ms con patrón rsR' en V1 y onda S ancha en derivaciones laterales

Fuente: International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: consensus statement (2017)

Tabla 3. Hallazgos electrocardiográficos patológicos.

Hallazgo electrocardiográfico	Descripción electrocardiográfica (cómo se observa en el ECG)
Inversión patológica de la onda T	Onda T negativa ≥ 1 mm en ≥ 2 derivaciones contiguas (excepto V1, aVR, III)
Depresión del segmento ST	Descenso del ST ≥ 0.5 mm en ≥ 2 derivaciones contiguas
Ondas Q patológicas	Onda Q ≥ 40 ms de duración o $\geq 25\%$ de la amplitud del QRS
Bloqueo completo de rama izquierda	QRS ≥ 120 ms con morfología ancha, muescas y pérdida de onda Q lateral
Retraso intraventricular inespecífico	QRS ≥ 140 ms sin patrón típico de bloqueo de rama
Onda epsilon	Deflexión positiva pequeña al final del QRS en V1–V3
Preexcitación ventricular (WPW)	Intervalo PR < 120 ms, onda delta y QRS ancho
QT prolongado	QTc ≥ 470 ms en hombres o ≥ 480 ms en mujeres
Patrón Brugada tipo 1	Elevación del ST ≥ 2 mm con morfología descendente en V1–V3
Bradicardia extrema / pausas sinusales	FC < 30 lpm o pausas ≥ 3 segundos
Bloqueo AV avanzado	Bloqueo AV tipo II o bloqueo AV completo
Extrasístoles ventriculares múltiples	≥ 2 EV en ECG basal de 10 segundos
Arritmias auriculares o ventriculares	FA, flutter, taquicardia ventricular u otras arritmias sostenidas

Fuente: International criteria for electrocardiographic interpretation in athletes: consensus statement (2017)

2.3.1 Valoración de la capacidad aeróbica

La capacidad aeróbica expresa la aptitud del organismo para captar, transportar y utilizar oxígeno durante un esfuerzo progresivo. El $\text{VO}_{2\text{máx}}$ integra el gasto cardíaco, el contenido arterial de oxígeno y la extracción periférica; por ello, es un indicador funcional, no

una medición aislada del corazón. Su magnitud depende de factores centrales y periféricos, además de la edad, el sexo, el nivel de entrenamiento, la composición corporal, la modalidad del ejercicio y la familiaridad con el protocolo (Bassett & Howley, 2000; American College of Sports Medicine, 2021).

La ergoespirometría con análisis directo de gases permite medir el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono respiración a respiración durante una carga incremental. La identificación de un esfuerzo máximo debe apoyarse en un conjunto de criterios —respuesta fisiológica, RER, frecuencia cardíaca, percepción de esfuerzo y juicio clínico— porque un único umbral no es suficiente en todos los atletas (American College of Sports Medicine, 2021).

En deportes intermitentes, el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ no determina por sí solo el rendimiento competitivo. Sin embargo, contribuye a la recuperación entre acciones, a la tolerancia a sesiones prolongadas y a la carga relativa soportada durante el entrenamiento. En consecuencia, debe interpretarse junto con la posición, la composición corporal y las demandas técnicas de la disciplina.

2.3.2 Valoración de la composición corporal

La composición corporal divide el peso en compartimentos de interés funcional, entre ellos masa grasa y masa libre de grasa. En el deporte se emplean con frecuencia la antropometría y la bioimpedancia eléctrica. La suma de pliegues cutáneos es una medida directa del tejido adiposo subcutáneo en sitios definidos; las ecuaciones que transforman esas medidas en porcentaje de grasa agregan supuestos y error. La bioimpedancia estima compartimentos a

partir de la oposición al paso de una corriente y es sensible a hidratación, temperatura, ingesta y ejercicio reciente.

Ningún método de campo es intercambiable sin considerar el protocolo. La estandarización del instrumento, el evaluador y las condiciones previas es esencial para comparar mediciones longitudinales. El consenso de Ackland et al. (2012) recomienda informar el método y sus limitaciones, y evitar presentar una estimación de composición corporal como si fuera una medición sin error.

En esta tesis se analizaron el porcentaje de grasa, el porcentaje de músculo y la sumatoria de ocho pliegues registrados en los expedientes. Estas variables se interpretaron como indicadores morfofuncionales y posibles covariables del $\text{VO}_{2\text{máx}}$, no como determinantes causales del rendimiento.

2.4 Una valoración individualizada

Si bien la valoración de la composición corporal aporta información relevante sobre el estado físico general del deportista, su interpretación adquiere verdadero valor cuando se contextualiza dentro de las demandas específicas de la disciplina practicada. En los deportes de conjunto, y particularmente en el béisbol, las exigencias físicas y funcionales no son homogéneas, sino que dependen de la estructura del juego, la especialización por posición y el tipo de acciones realizadas durante la competencia (Ackland et al., 2012). Por ello, variables como la masa muscular, la masa grasa o la distribución corporal deben analizarse a la luz de la anatomía funcional del deporte y de los roles específicos que desempeñan los jugadores en el campo. En este sentido, comprender la organización estructural del béisbol y la lógica anatómica de sus posiciones resulta fundamental para interpretar adecuadamente los resultados de la

valoración del deportista y establecer una base sólida para el análisis posterior de sus demandas fisiológicas y cardiovasculares.

2.5 Anatomía del béisbol

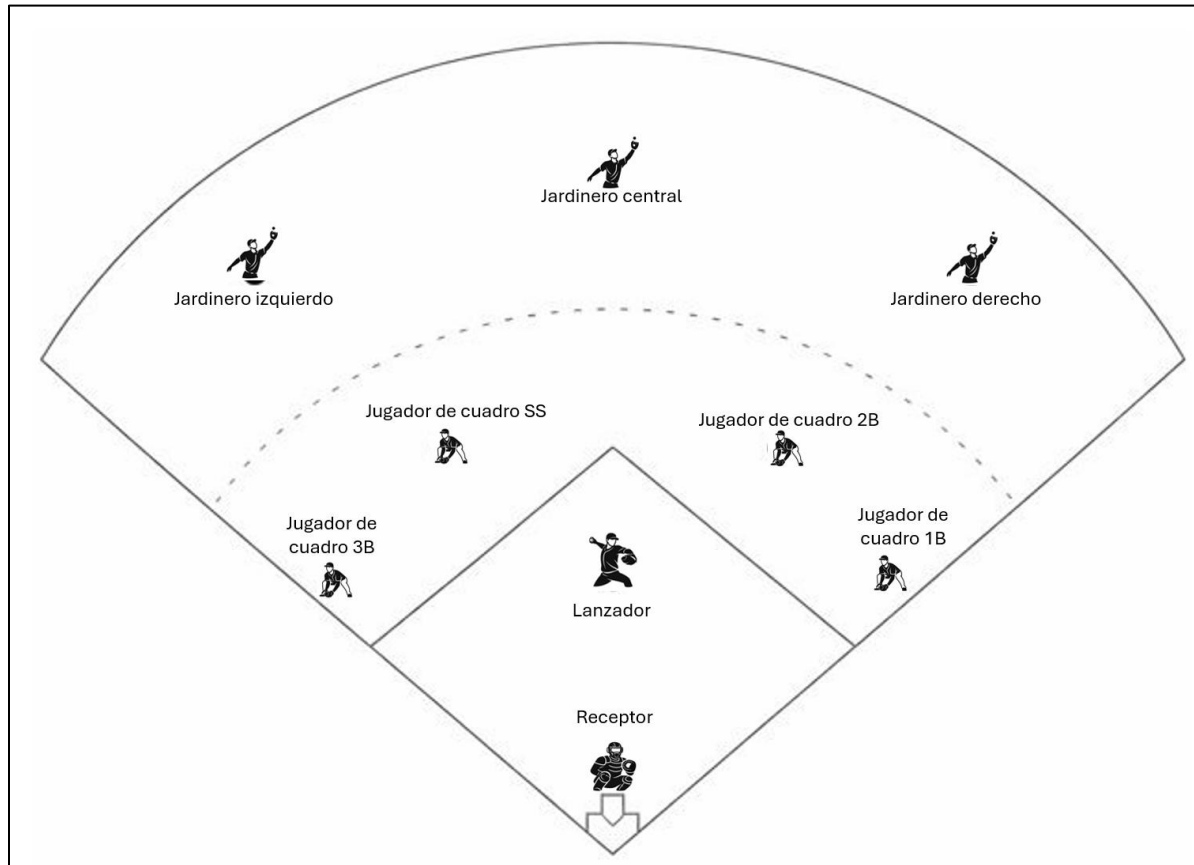
El béisbol es un deporte complejo caracterizado por acciones intermitentes y una marcada especialización por posición. Comprender su anatomía y estructura funcional es esencial para interpretar adecuadamente las demandas físicas y fisiológicas de sus jugadores.

2.5.1 El béisbol como un deporte complejo

El béisbol es un deporte de conjunto con acciones intermitentes que integra ejecución técnica, estrategia y toma de decisiones. El objetivo es anotar más carreras que el adversario mediante el avance por cuatro bases dispuestas en diamante, completando un circuito que inicia y termina en el home (Imagen 1). Cada acción individual modifica el estado del juego y condiciona las decisiones posteriores.

El juego se desarrolla a lo largo de nueve entradas o innings, durante las cuales los equipos alternan funciones ofensivas y defensivas. En defensa, nueve jugadores ocupan posiciones específicas y buscan obtener tres eliminaciones por entrada; en ofensiva, los bateadores siguen un orden y procuran avanzar por las bases para producir carreras.

Imagen 1. Plano de juego y posición de los jugadores



La complejidad del béisbol radica en la interacción entre habilidades técnicas y decisiones tácticas condicionadas por outs, corredores y características de los jugadores. El rendimiento exige coordinación ojo-mano, velocidad de reacción, potencia, lectura de trayectorias y control de gestos específicos. Los perfiles antropométricos y físicos varían por posición, como se ha descrito en jugadores profesionales (Hoffman et al., 2009; Yang et al., 2014).

2.5.2 Función y capacidades de cada posición de juego

Los nueve roles defensivos se agruparon para este estudio en cuatro categorías: lanzador, receptor, jugador de cuadro —primera, segunda y tercera base, y campo corto— y jardinero —izquierdo, central y derecho—. Cada grupo combina funciones y capacidades particulares (Tabla 4), por lo que la posición se analizó como una variable nominal (Hoffman et al., 2009; Yang et al., 2014).

Tabla 4. Posiciones del béisbol, rol y capacidades.

	Posición	Rol funcional	Capacidades físicas	Capacidades técnicas y cognitivas
	Lanzador	Inicia cada acción defensiva y controla el ritmo del juego desde el montículo	Potencia explosiva del miembro superior, resistencia específica del brazo, coordinación neuromuscular	Dominio de lanzamientos, control del juego, análisis del bateador, tolerancia a la presión
	Receptor	Eje estratégico defensivo y enlace entre lanzador y equipo	Fuerza de miembros inferiores, agilidad, reflejos rápidos	Lectura de lanzamientos, toma de decisiones tácticas, liderazgo defensivo, comunicación
	Jugador de cuadro	Defensa de zonas centrales con alta frecuencia de acciones rápidas (1B, 2B, 3B, SS)	Agilidad lateral, velocidad de reacción, coordinación	Cobertura de bases, precisión en lanzamientos, anticipación y visión de juego
	Jardinero	Cobertura defensiva de zonas amplias del campo (LF, CF, RF)	Velocidad de desplazamiento, coordinación ojo-mano, alcance	Lectura de trayectorias, lanzamientos largos y precisos, comunicación y liderazgo fuera del cuadro

Fuente: elaboración propia con base en Hoffman et al. (2009) y Yang et al. (2014).

CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES

3.1 Evaluación cardiovascular en atletas

La evaluación cardiovascular preparticipación intenta identificar condiciones asociadas con eventos adversos y establecer un punto de referencia clínico. La historia personal y familiar, la exploración física y el ECG aportan información complementaria. La utilidad del ECG depende de su interpretación con criterios específicos para atletas, pues el entrenamiento modifica el ritmo, la conducción, los voltajes y la repolarización (Drezner et al., 2013; Sharma et al., 2017).

Los Criterios Internacionales de 2017 agrupan los patrones en hallazgos relacionados con el entrenamiento, limítrofes y anormales. La clasificación no es una escala lineal de gravedad. Un hallazgo limítrofe aislado, en ausencia de síntomas y antecedentes familiares relevantes, no exige por sí mismo una evaluación adicional; dos o más hallazgos limítrofes sí la requieren. Cualquier hallazgo anormal debe conducir a una evaluación dirigida según el patrón y el contexto clínico (Sharma et al., 2017).

Esta distinción tiene consecuencias analíticas. Agrupar todos los ECG limítrofes con los patológicos aumenta el tamaño de un grupo estadístico, pero pierde la interpretación clínica del consenso. Por ello, los estudios deben declarar si su variable de desenlace representa una categoría descriptiva o una recomendación clínica. También deben informar quién leyó el ECG, las condiciones de adquisición y el procedimiento para resolver discrepancias; cuando esos datos no están disponibles en un estudio retrospectivo, la limitación debe reconocerse.

La evaluación funcional mediante ejercicio no sustituye la valoración del ECG. Una buena capacidad aeróbica no descarta una cardiopatía eléctrica o estructural. De forma

recíproca, un patrón fisiológico en reposo no predice necesariamente un $\text{VO}_2\text{máx}$ elevado, porque el consumo de oxígeno depende de múltiples componentes centrales y periféricos.

3.2 El corazón del atleta y la adaptación al entrenamiento

El llamado corazón del atleta comprende adaptaciones estructurales, funcionales y eléctricas inducidas por la exposición repetida al ejercicio. El patrón final depende del componente dinámico y estático del deporte, la dosis de entrenamiento, la edad, el sexo, el tamaño corporal y otros moduladores individuales. Los modelos clásicos de remodelado concéntrico y excéntrico son útiles, aunque no capturan toda la variabilidad observada en deportistas reales (Pluim et al., 2000; Baggish & Wood, 2011).

Entre los cambios frecuentes se encuentran la reducción de la frecuencia cardíaca en reposo, el aumento del tono vagal, el bloqueo auriculoventricular de primer grado, el bloqueo incompleto de rama derecha y los criterios aislados de voltaje ventricular. Su interpretación exige verificar que no coexistan síntomas, antecedentes o patrones de repolarización que modifiquen el riesgo. Los consensos actuales buscan reducir falsos positivos sin perder sensibilidad para cardiomiopatías y canalopatías (Sharma et al., 2017).

La zona de superposición entre adaptación y enfermedad sigue siendo un reto. La inversión de la onda T, la preexcitación, el QT prolongado y los bloqueos completos, entre otros patrones, no deben explicarse solo por entrenamiento. La onda épsilon merece cautela adicional porque su reconocimiento visual presenta variabilidad entre observadores; Platonov et al. (2016) documentaron desacuerdo incluso entre especialistas. La relectura experta y la correlación con imagen, antecedentes y síntomas son más importantes que cualquier asociación con el rendimiento.

En el béisbol, las cargas son heterogéneas. El lanzador realiza esfuerzos explosivos repetidos con una demanda técnica específica; el receptor combina posiciones sostenidas con acciones breves; jugadores de cuadro y jardineros difieren en desplazamientos y aceleraciones. Por esta razón, no se espera que todos los jugadores manifiesten el mismo fenotipo de entrenamiento, y la posición debe tratarse como variable nominal en los modelos estadísticos.

3.3 VO₂máx en atletas y deportes intermitentes

El VO₂máx es la mayor tasa de consumo de oxígeno alcanzada durante ejercicio incremental y refleja la integración del sistema respiratorio, la circulación y el músculo activo. La ecuación de Fick muestra que depende del gasto cardíaco y de la diferencia arteriovenosa de oxígeno. Su valor relativo, expresado en ml/kg/min, facilita comparaciones entre personas, pero incorpora el peso corporal en el denominador; por ello, la asociación con porcentaje de grasa debe interpretarse con prudencia (Bassett & Howley, 2000).

En atletas, la medición directa requiere calibración del analizador, un protocolo adecuado a la modalidad y duración esperada, y criterios convergentes de maximalidad. Una meseta de VO₂ no siempre aparece, especialmente en protocolos de campo clínico; RER elevado, frecuencia cardíaca cercana a la máxima esperada, percepción de esfuerzo y agotamiento voluntario aportan evidencia adicional (American College of Sports Medicine, 2021).

Los deportes intermitentes alternan acciones predominantemente anaeróbicas con recuperación aeróbica. El VO₂máx puede influir en la velocidad de recuperación de la fosfocreatina y en la tolerancia al volumen de entrenamiento, pero la destreza, potencia, velocidad y toma de decisiones conservan un papel central. Por ello, en béisbol la capacidad aeróbica es una dimensión del perfil, no un sustituto del desempeño específico.

Yang et al. (2014) observaron diferencias antropométricas y de rendimiento por posición en jugadores profesionales. Estos resultados apoyan el análisis posicional, aunque los tamaños pequeños y desiguales pueden limitar la potencia. La posición debe modelarse mediante categorías indicadoras y no como una secuencia numérica, pues no existe un orden cuantitativo entre lanzador, receptor, jugador de cuadro y jardinero.

3.4 Relación entre hallazgos electrocardiográficos y el VO₂máx

El ECG y el VO₂máx describen aspectos relacionados, pero no equivalentes, de la fisiología del atleta. La bradicardia y algunos patrones de voltaje pueden acompañar un entrenamiento intenso, mientras que el VO₂máx resume la respuesta al ejercicio máximo. Una asociación a nivel de grupo no demostraría que el ECG pueda utilizarse para estimar capacidad aeróbica en una persona.

La mayor parte de la literatura sobre el corazón del atleta se concentra en deportes de resistencia o en poblaciones mixtas. Los estudios suelen describir prevalencias electrocardiográficas o variables de rendimiento por separado; son menos frecuentes los análisis que los integran y ajustan por edad, composición corporal y tipo de deporte. La heterogeneidad de criterios históricos también dificulta la comparación entre publicaciones (Baggish & Wood, 2011; Sharma et al., 2017).

Desde una perspectiva causal, edad, adiposidad, entrenamiento acumulado y posición podrían relacionarse tanto con el rendimiento como con ciertos patrones eléctricos. Un análisis crudo puede reflejar esa estructura y perderse al ajustar covariables. Por ello, el modelo principal debe predefinir confusores plausibles y acompañarse de diagnósticos de linealidad, heterocedasticidad, colinealidad e influencia.

Los hallazgos específicos generan además un problema de multiplicidad. Probar numerosas correlaciones eleva la probabilidad de resultados positivos por azar. El control de la tasa de falsos descubrimientos permite distinguir resultados confirmatorios de señales exploratorias que requieren replicación.

3.5 Perfil fisiológico y cardiovascular del beisbolista

El béisbol profesional se caracteriza por temporadas extensas, viajes, práctica técnica repetida y esfuerzos competitivos breves. La demanda total no se resume en la distancia recorrida durante un partido. El acondicionamiento debe sostener la recuperación, la disponibilidad neuromuscular y la tolerancia a una carga acumulada que varía por rol.

Las posiciones defensivas representan tareas nominalmente distintas. El lanzador controla el inicio de la jugada y repite gestos de alta potencia; el receptor combina demanda postural, comunicación y reacciones rápidas; el jugador de cuadro responde en espacios cortos; el jardinero cubre distancias mayores y requiere velocidad. Estas diferencias justifican comparaciones por grupos, aunque no implican que la posición cause un determinado perfil corporal o cardiovascular.

Hoffman et al. (2009) y Yang et al. (2014) reportaron diferencias antropométricas y de desempeño entre posiciones en jugadores profesionales. Los resultados no son directamente transferibles a la LMB por diferencias de selección, temporada y método de medición, pero ofrecen un marco para interpretar la heterogeneidad interna.

3.5.1 Composición corporal del beisbolista

La masa corporal puede favorecer la producción de fuerza y potencia, pero un exceso de tejido adiposo incrementa el costo energético de desplazarse y reduce el VO_2 expresado por kilogramo. El porcentaje de grasa y la masa muscular deben interpretarse junto

con el rol, la técnica y el historial de entrenamiento, no mediante un valor ideal único para todo el equipo.

Los estudios de béisbol muestran que lanzadores y receptores tienden a presentar mayor tamaño corporal que otros grupos, aunque existe variabilidad considerable (Hoffman et al., 2009; Yang et al., 2014). La sumatoria de pliegues y la bioimpedancia no miden exactamente el mismo constructo; su seguimiento exige métodos consistentes y condiciones estandarizadas (Ackland et al., 2012).

En un análisis transversal, la asociación entre grasa y $\text{VO}_2\text{máx}$ relativo contiene una relación matemática parcial porque el peso está en el denominador del desenlace. El resultado puede ser clínicamente útil, pero no demuestra que reducir un punto porcentual de grasa produzca el cambio estimado por el coeficiente de regresión.

3.5.2 $\text{VO}_2\text{máx}$ en béisbolistas

La evidencia disponible sitúa al béisbolista en un perfil aeróbico moderado en comparación con atletas de resistencia. Gillett et al. (2016) describieron cambios en potencia aeróbica y composición corporal durante una temporada de béisbol universitario, lo que muestra que estas variables pueden variar según el momento competitivo. El protocolo, la modalidad de ejercicio y la expresión absoluta o relativa del VO_2 deben considerarse al comparar estudios.

En una cohorte local de atletas profesionales y subélite, González González et al. (2023) informaron para los béisbolistas un VO_2 relativo promedio de 45.1 ± 5.6 ml/kg/min. La comparación con una muestra distinta es contextual, no una prueba estadística, porque pueden diferir edad, criterios de inclusión, entrenamiento y procedimiento.

Las diferencias por posición no son uniformes entre estudios. Los grupos pequeños, en especial receptores, producen intervalos amplios y dificultan detectar diferencias. Por ello, además del valor p deben presentarse estimaciones, dispersión y comparaciones post hoc apropiadas cuando corresponda.

3.5.3 Hallazgos electrocardiográficos en beisbolistas

La prevalencia de hallazgos depende de la definición utilizada. González González et al. (2023) evaluaron 131 beisbolistas profesionales y reportaron 40.3% de cambios relacionados con el entrenamiento, 2.3% de hallazgos limítrofes y 1.3% de hallazgos anormales. En esa población también se describieron bradicardia sinusal, bloqueo incompleto de rama derecha y repolarización precoz.

Las comparaciones de prevalencia requieren cautela. Un estudio puede clasificar cada ECG por la categoría de mayor jerarquía, mientras otro cuenta todos los hallazgos presentes; ambas métricas responden preguntas diferentes. Además, cambios en los criterios, lectura interobservador y calidad del registro pueden modificar la frecuencia aparente.

Si una base retrospectiva contiene variables binarias, texto codificado y una clasificación general, deben confrontarse. La trazabilidad exige priorizar la información elemental cuando existe una regla explícita de derivación, registrar las discrepancias y conservar el archivo original sin modificaciones.

3.6 Relación entre los hallazgos electrocardiográficos y el VO_2 máximo en beisbolistas profesionales

La búsqueda de una relación directa entre ECG y VO_2 máximo en béisbol parte de una pregunta razonable: ambos pueden modificarse con entrenamiento. Sin embargo, la ausencia de estudios específicos y la naturaleza multifactorial del VO_2 máximo impiden anticipar una relación

simple. Un patrón eléctrico relacionado con el entrenamiento puede aparecer en jugadores con capacidades aeróbicas distintas.

El análisis adecuado debe separar tres niveles. Primero, la distribución descriptiva de hallazgos y categorías. Segundo, las comparaciones no ajustadas de $\text{VO}_2\text{máx}$. Tercero, un modelo multivariado que trate la posición como nominal y ajuste variables plausibles. Los hallazgos continuos y específicos deben considerarse exploratorios cuando se realizan múltiples pruebas.

Esta estructura permite responder si el ECG añade información independiente sobre capacidad aeróbica sin convertir el $\text{VO}_2\text{máx}$ en una prueba de seguridad. También hace visible que un hallazgo patológico conserva su ruta diagnóstica, aunque el jugador alcance un rendimiento funcional elevado.

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Material

Se utilizaron la base de datos IBM SPSS Statistics (.sav) y la sintaxis de análisis (.sps) proporcionadas para el estudio. Para la auditoría independiente y la reproducción de los análisis se emplearon Python 3.12, pyreadstat, pandas, SciPy y statsmodels. La base original se conservó sin modificaciones; todas las variables derivadas se generaron durante el análisis.

Los expedientes contenían información de posición, nacionalidad, edad, composición corporal, ECG de 12 derivaciones en reposo y ergoespirometría máxima. El ECG y la prueba de esfuerzo se realizaron con un sistema CPET BTL, y la composición corporal con un equipo InBody. Los archivos proporcionados no identificaron el modelo específico de esos equipos ni el modelo del plicómetro; esta ausencia no se completó por inferencia.

4.2 Metodología

El procedimiento analítico se organizó en cuatro etapas: auditoría de integridad, reconstrucción trazable de variables electrocardiográficas, análisis descriptivo e inferencial y evaluación de sensibilidad. Las decisiones se definieron antes de interpretar los resultados finales.

4.2.1 Diseño de estudio

Estudio observacional, retrospectivo, transversal y analítico basado en registros de valoración médico-deportiva. La exposición y el desenlace se obtuvieron de la misma evaluación; por ello, los resultados describen asociaciones y no permiten establecer temporalidad ni causalidad.

4.2.2 Lugar o sitio del estudio

Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación del Hospital Universitario «Dr. José Eleuterio González», Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.

4.2.3 Población de estudio

Se analizaron 95 valoraciones de hombres beisbolistas profesionales de la Liga Mexicana de Béisbol realizadas entre marzo de 2022 y marzo de 2024. La base incluyó lanzadores, receptores, jugadores de cuadro y jardineros. No se detectaron identificadores duplicados ni valores faltantes en las variables analizadas.

4.2.4 Criterios de inclusión

Registros de hombres beisbolistas profesionales de la LMB con posición identificada, ECG de 12 derivaciones en reposo, medición de VO_2 máx mediante ergoespirometría máxima y variables de composición corporal disponibles dentro del periodo de estudio.

4.2.5 Criterios de exclusión

Registros de deportistas que no pertenecieran a la población definida, evaluaciones fuera del periodo, pruebas submáximas o sin una medición válida de VO_2 máx, y expedientes sin información suficiente para reconstruir la clasificación electrocardiográfica.

4.2.6 Criterios de eliminación

Registros duplicados o con inconsistencias que impidieran identificar los hallazgos elementales. No fue necesario eliminar observaciones por datos faltantes. Un registro

presentó valores implausibles de duración de onda P e intervalo PR; se conservó en el análisis principal, se marcó para verificación contra la fuente y se efectuó una sensibilidad excluyéndolo en las correlaciones correspondientes.

4.2.7 Variables del estudio

El desenlace principal fue el VO_2 máx relativo, expresado en ml/kg/min y medido mediante análisis directo de gases con sistema CPET BTL durante una prueba incremental en banda sin fin. El protocolo en rampa utilizó inclinación constante de 1%, velocidad inicial de 6 km/h e incrementos de 1 km/h por minuto hasta la terminación de la prueba. Los criterios de maximalidad fueron $\text{RER} > 1.10$, frecuencia cardíaca máxima alcanzada $> 90\%$ de la máxima esperada y puntuación de Borg > 18 . Los 95 expedientes incluidos cumplieron estos criterios.

Las variables explicativas principales fueron la interpretación clínica del ECG y la posición de juego. La posición se trató como nominal: lanzador, receptor, jugador de cuadro o jardinero. La composición corporal incluyó porcentaje de grasa y porcentaje de músculo obtenidos con equipo InBody, además de la sumatoria de ocho pliegues por antropometría. No se dispuso del modelo específico de los instrumentos ni de las condiciones preprueba.

Los hallazgos del ECG se reconstruyeron desde tres campos elementales y su clase asociada. La categoría global siguió una jerarquía: patológico, limítrofe, fisiológico y sin hallazgos. Para la interpretación clínica se aplicó la regla de los Criterios Internacionales: cualquier hallazgo patológico o dos o más hallazgos limítrofes implicaron evaluación adicional; un hallazgo limítrofe aislado no se consideró anormal por sí mismo. La agrupación limítrofe/patológico se conservó solo como sensibilidad descriptiva y no se denominó «ECG anormal».

Como covariables se incluyeron edad y porcentaje de grasa. También se exploraron frecuencia cardíaca en reposo, número de hallazgos, eje eléctrico, voltajes ventriculares, duración de onda P, intervalos PR y QTc, duración del QRS y los cinco hallazgos específicos más frecuentes.

4.2.8 Análisis estadístico

La auditoría verificó dimensiones, identificadores, valores faltantes, rangos y concordancia entre campos elementales y variables resumen. Se encontraron una discrepancia en el número de hallazgos, cinco discrepancias binarias distribuidas en tres registros y tres discrepancias en la clasificación general. Por reproducibilidad, los análisis se derivaron de los campos elementales y las discrepancias se documentaron sin sobrescribir la base.

4.2.9 Estadística descriptiva y evaluación de normalidad

Las variables continuas se resumieron con media y desviación estándar, y con mediana y rango intercuartílico cuando resultó informativo. Las variables categóricas se expresaron mediante frecuencias y porcentajes. La normalidad se examinó con Shapiro–Wilk y gráficos de distribución; las decisiones de prueba consideraron además tamaño y equilibrio de los grupos.

4.2.10 Comparación de variables continuas entre posiciones

Para porcentaje de grasa, porcentaje de músculo y suma de ocho pliegues se utilizó ANOVA de Welch por la desigualdad de tamaños y posible heterogeneidad. Cuando la prueba global fue significativa se aplicaron comparaciones de Games–Howell. Para edad, frecuencia cardíaca en reposo y VO₂máx se empleó Kruskal–Wallis.

4.2.11 Asociación entre posición y clasificación electrocardiográfica global

Se construyó una tabla 4×4 entre posición y categoría del ECG. Debido a que más del 20% de las frecuencias esperadas fueron menores de cinco, la inferencia principal se obtuvo mediante una prueba exacta condicional tipo Fisher–Freeman–Halton con 1,000,000 de tablas Monte Carlo y semilla fija 20260805. El χ^2 de Pearson se mostró solo como referencia diagnóstica de supuestos.

4.2.12 Composición corporal según la clasificación electrocardiográfica

Como análisis secundario exploratorio, el porcentaje de grasa, el porcentaje de músculo y la sumatoria de ocho pliegues se compararon entre las cuatro categorías electrocardiográficas reconstruidas mediante Kruskal–Wallis. Cuando la prueba global fue significativa, se efectuaron comparaciones pareadas con U de Mann–Whitney y corrección de Holm. También se compararon estas variables entre quienes requerían y no requerían evaluación adicional mediante U de Mann–Whitney. Debido al tamaño reducido de los grupos limítrofe y patológico, los resultados se interpretaron como señales exploratorias y no como evidencia causal.

4.2.13 Relación entre VO₂máx y clasificación electrocardiográfica

El VO₂máx se comparó entre las cuatro categorías con Kruskal–Wallis. Además, se aplicó U de Mann–Whitney para la interpretación clínica binaria (requiere frente a no requiere evaluación adicional) y para la agrupación descriptiva limítrofe/patológico frente a sin hallazgos/fisiológico. Se informó el coeficiente biserial por rangos.

4.2.14 Relación entre VO₂máx y hallazgos electrocardiográficos específicos

Para los cinco hallazgos más frecuentes se comparó el VO₂máx entre presencia y ausencia mediante U de Mann–Whitney. Las cinco probabilidades se corrigieron con el procedimiento de Benjamini–Hochberg para controlar la tasa de falsos descubrimientos.

4.2.15 Correlación entre número de hallazgos electrocardiográficos y VO₂máx

La relación monotónica entre el número de hallazgos elementales y el VO₂máx se estimó con rho de Spearman.

4.2.16 Correlación entre VO₂máx y variables electrocardiográficas continuas

Se calcularon correlaciones de Spearman entre VO₂máx y siete variables continuas del ECG. Se aplicó Benjamini–Hochberg a esta familia de pruebas. Para onda P e intervalo PR se repitió el análisis excluyendo el registro con valores implausibles; las conclusiones no cambiaron.

4.2.17 Análisis multivariado y análisis de sensibilidad

Se ajustó una regresión lineal múltiple con VO₂máx como desenlace, edad, porcentaje de grasa, interpretación clínica del ECG y posición. La posición se representó mediante tres variables indicadoras con lanzador como referencia. Se reportaron coeficientes no estandarizados, IC 95%, coeficientes estandarizados, VIF y errores estándar robustos HC3.

Se evaluaron normalidad de residuos, homocedasticidad con Breusch–Pagan, especificación con RESET, independencia aproximada con Durbin–Watson, colinealidad y observaciones influyentes. Se realizaron dos sensibilidades: sustitución de la interpretación

clínica por la agrupación descriptiva y exclusión de observaciones con residuo studentizado externo absoluto mayor de tres.

4.2.18 Nivel de significancia y consideraciones éticas

Se utilizó un nivel bilateral de significancia de 0.05. Los resultados exploratorios sometidos a múltiples pruebas se interpretaron con la probabilidad ajustada por Benjamini–Hochberg. Se informaron valores exactos hasta tres decimales y $p < 0.001$ cuando correspondió.

El protocolo fue aprobado por el comité de ética institucional con el folio MD25-00008. El archivo analítico proporcionado se trabajó de forma seudonimizada y los resultados se presentan de manera agregada. Los archivos disponibles no especificaron la clasificación institucional de riesgo ni, en su caso, el fundamento de dispensa de consentimiento; esos elementos deberán cotejarse con el dictamen correspondiente antes del depósito definitivo.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1 Características generales de la muestra

Se analizaron 95 registros completos: 54 lanzadores (56.8%), 19 jugadores de cuadro (20.0%), 14 jardineros (14.7%) y 8 receptores (8.4%). No hubo identificadores duplicados ni datos faltantes. La edad mediana fue 25 años (RIQ 21–30) y el $\text{VO}_2\text{máx}$ promedio fue 42.66 ± 8.00 ml/kg/min.

Tabla 5. Distribución de la muestra por posición y nacionalidad.

CARACTERÍSTICA	CATEGORÍA	N	%
POSICIÓN	Lanzador	54	56.8
	Jugador de cuadro	19	20.0
	Jardinero	14	14.7
	Receptor	8	8.4
NACIONALIDAD	México	80	84.2
	República Dominicana	5	5.3
	Estados Unidos	4	4.2
	Venezuela	3	3.2
	Cuba	1	1.1
	Países Bajos	1	1.1
	Puerto Rico	1	1.1

Nota. Porcentajes calculados sobre n = 95.

5.2 Características morfofuncionales por posición

La Tabla 6 muestra el perfil por posición. Los receptores tuvieron el $\text{VO}_2\text{máx}$ promedio más alto, pero el grupo fue pequeño y la diferencia global no fue significativa. Los jardineros presentaron menor porcentaje de grasa y mayor porcentaje de músculo que los lanzadores.

Tabla 6. Características morfofuncionales por posición de juego.

VARIABLE	LANZADOR (N = 54)	RECEPTOR (N = 8)	CUADRO (N = 19)	JARDINERO (N = 14)	TOTAL (N = 95)
EDAD, AÑOS*	25.5 [21.0–29.8]	24.0 [18.3–26.5]	26.0 [21.5–31.5]	26.0 [21.3–28.8]	25.0 [21.0–30.0]
GRASA, %	21.67 ± 7.52	19.79 ± 3.70	19.07 ± 5.97	16.69 ± 4.77	20.26 ± 6.80
MÚSCULO, %	45.18 ± 4.01	46.17 ± 2.00	46.49 ± 3.49	48.16 ± 2.73	45.96 ± 3.72
OCHO PLIEGUES, MM	121.68 ± 39.60	121.88 ± 34.18	97.78 ± 32.56	112.64 ± 36.83	115.58 ± 38.10
FC REPOSO, LPM*	65.0 [57.3–72.8]	65.0 [63.0–67.5]	67.0 [62.5–73.0]	67.0 [62.3–72.0]	65.0 [58.5–72.5]
VO ₂ MÁX, ML/KG/MIN	42.06 ± 8.67	45.18 ± 4.06	43.23 ± 7.04	42.79 ± 8.54	42.66 ± 8.00

Nota. Valores como media ± DE, excepto *mediana [P25–P75].

5.3 Comparación de variables continuas entre posiciones de juego

Las comparaciones globales mostraron diferencias en grasa y músculo. Games–Howell localizó ambas entre lanzadores y jardineros: los lanzadores tuvieron 4.99 puntos porcentuales más de grasa y 2.98 puntos porcentuales menos de músculo. No se observaron diferencias en edad, sumatoria de pliegues, frecuencia cardíaca en reposo ni VO₂máx.

Tabla 7. Comparación de variables continuas entre posiciones.

VARIABLE	PRUEBA	ESTADÍSTIC O	P	COMPARACIÓN POST HOC SIGNIFICATIVA
EDAD	Kruskal–Wallis	H = 1.129	0.770	Ninguna
GRASA	Welch	F = 3.016	0.046	Lanzador–jardinero: +4.99; IC 95% 0.55–9.42; p = 0.023
MÚSCULO	Welch	F = 3.435	0.030	Lanzador–jardinero: –2.98; IC 95% –5.45 a –0.50; p = 0.014
OCHO PLIEGUES	Welch	F = 2.268	0.106	No procede
FC REPOSO	Kruskal–Wallis	H = 1.255	0.740	No procede
VO ₂ MÁX	Kruskal–Wallis	H = 3.117	0.374	No procede

Nota. Comparaciones post hoc mediante Games–Howell. Las diferencias se expresan en puntos porcentuales.

5.4 Perfil electrocardiográfico y consistencia de los datos

La auditoría detectó discrepancias entre los hallazgos elementales y variables resumen. Se reconstruyeron las categorías desde los campos elementales. La regla produjo 33

ECG sin hallazgos, 47 con hallazgos fisiológicos, 7 limítrofes y 8 patológicos. Nueve jugadores cumplieron la definición clínica de evaluación adicional.

Tabla 8. Auditoría y reglas de derivación electrocardiográfica.

COMPONENTE	RESULTADO	DECISIÓN ANALÍTICA
IDENTIFICADORES DUPLICADOS	0	Sin exclusiones
DATOS FALTANTES	0	Análisis de casos completos
NÚMERO DE HALLAZGOS	1 discrepancia	Derivar desde Hallazgos 1–3
INDICADORES BINARIOS	5 discrepancias en 3 registros	Derivar desde Hallazgos 1–3
CLASIFICACIÓN GENERAL	3 discrepancias	Aplicar jerarquía por categoría
ONDA P / PR	1 registro implausible	Conservar y efectuar sensibilidad
INTERPRETACIÓN CLÍNICA	9 requieren evaluación	≥1 patológico o ≥2 limítrofes

Nota. La base original no se modificó.

Tabla 9. Prevalencia de hallazgos electrocardiográficos por posición.

HALLAZGO	LANZADOR	RECEPTOR	CUADRO	JARDINERO	TOTAL, N (%)
BRADICARDIA SINUSAL	18	1	4	1	24 (25.3)
VOLTAJE DE VI	13	1	1	3	18 (18.9)
VOLTAJE DE VD	5	1	1	2	9 (9.5)
REPOLARIZACIÓN PRECOZ	4	1	2	1	8 (8.4)
BIRD	2	2	1	1	6 (6.3)
CRECIMIENTO AURICULAR IZQUIERDO	4	1	1	0	6 (6.3)
RITMO DE LA UNIÓN	1	0	1	1	3 (3.2)
RITMO AURICULAR ECTÓPICO	2	0	0	1	3 (3.2)
CRECIMIENTO AURICULAR DERECHO	1	0	1	1	3 (3.2)
ONDA ÉPSILON	2	0	1	0	3 (3.2)
BAV DE PRIMER GRADO	2	0	0	0	2 (2.1)
QTC PROLONGADO	1	0	1	0	2 (2.1)
INVERSIÓN DE ONDA T	1	0	0	0	1 (1.1)
BCRI COMPLETO	1	0	0	0	1 (1.1)
PREEXCITACIÓN VENTRICULAR	1	0	0	0	1 (1.1)

Nota. Un jugador puede contribuir a más de un hallazgo. VI: ventrículo izquierdo; VD: ventrículo derecho; BIRD: bloqueo incompleto de rama derecha; BAV: bloqueo auriculoventricular; BCRI: bloqueo completo de rama izquierda.

La distribución de las cuatro categorías por posición no mostró asociación. El χ^2 de Pearson fue 4.959 (9 gl; $p = 0.838$), pero 11 de 16 celdas tuvieron frecuencia esperada menor

de cinco (mínima 0.589). Por ello, la inferencia principal fue la prueba exacta condicional Monte Carlo: $p = 0.862$ (1,000,000 réplicas; intervalo de error Monte Carlo 95% 0.861–0.863).

Tabla 10. Clasificación electrocardiográfica reconstruida por posición.

POSICIÓN	SIN HALLAZGOS	FISIOLÓGICOS	LIMÍTROFE S	PATOLÓGICOS	TOTAL
LANZADOR	16	28	4	6	54
RECEPTOR	3	4	1	0	8
JUGADOR DE CUADRO	9	7	1	2	19
JARDINERO	5	8	1	0	14
TOTAL	33	47	7	8	95

Nota. Prueba exacta condicional Monte Carlo $p = 0.862$.

5.5 Composición corporal según la clasificación electrocardiográfica

En el análisis exploratorio por cuatro categorías, el porcentaje de grasa ($H = 8.328$; $p = 0.040$) y el porcentaje de músculo ($H = 8.054$; $p = 0.045$) mostraron diferencias globales. Sin embargo, ninguna comparación pareada permaneció significativa después de la corrección de Holm y las pruebas de Welch de sensibilidad no alcanzaron significancia ($p = 0.071$ y $p = 0.063$, respectivamente). La sumatoria de ocho pliegues no difirió entre categorías ($H = 1.941$; $p = 0.585$).

Tabla 11. Composición corporal según la clasificación electrocardiográfica reconstruida.

VARIABLE	SIN HALLAZGOS (N = 33)	FISIOLÓGICOS (N = 47)	LIMÍTROFES (N = 7)	PATOLÓGICOS (N = 8)	H; P
GRASA, %	21.7 [16.8–26.6]	18.6 [14.0–21.0]	20.4 [18.8–23.8]	22.7 [18.0–24.8]	8.328; 0.040
MÚSCULO, %	45.2 [42.4–48.0]	46.8 [45.6–49.1]	45.3 [43.6–47.2]	44.2 [43.7–47.9]	8.054; 0.045
OCHO PLIEGUES, MM	128.0 [91.0–146.0]	106.0 [73.0–148.0]	123.0 [109.0–131.8]	102.3 [91.4–138.0]	1.941; 0.585

Nota. Valores como mediana [P25–P75]. Kruskal–Wallis. Ninguna comparación pareada conservó significancia tras corrección de Holm. En la comparación clínica binaria (86 no requieren frente a 9 que requieren evaluación adicional), grasa, músculo y ocho pliegues tampoco difirieron: $p = 0.272$, 0.322 y 0.899 , respectivamente.

5.6 VO₂máx según la clasificación electrocardiográfica

El VO₂máx no difirió significativamente entre las cuatro categorías reconstruidas ($H = 6.595$; $p = 0.086$). El grupo patológico tuvo el promedio más bajo, pero su tamaño fue de ocho y la dispersión fue amplia.

Tabla 12. VO₂máx según la clasificación electrocardiográfica reconstruida.

CATEGORÍA	N	MEDIA ± DE	MEDIANA [P25–P75]
SIN HALLAZGOS	33	42.03 ± 6.62	41.20 [38.50–46.50]
FISIOLÓGICOS	47	44.19 ± 9.17	43.30 [40.45–48.45]
LÍMITROFES	7	39.80 ± 4.67	40.40 [38.79–40.95]
PATOLÓGICOS	8	38.76 ± 6.62	37.00 [33.90–44.08]

Nota. Kruskal–Wallis $H = 6.595$; $p = 0.086$. Unidades de VO₂máx: ml/kg/min.

5.7 VO₂máx según la interpretación clínica y la agrupación descriptiva del ECG

La comparación clínicamente alineada —dos o más hallazgos limítrofes o cualquier hallazgo patológico— no fue significativa. La agrupación descriptiva limítrofe/patológico mostró una diferencia no ajustada, pero esta desapareció en el modelo multivariado; por ello no se interpretó como evidencia de una asociación independiente.

Tabla 13. VO₂máx según interpretaciones binarias del ECG.

COMPARACIÓN	N	MEDIA	MEDIANA	U MENOR	P	R BISERIAL
NO REQUIERE / REQUIERE EVALUACIÓN	86 / 9	43.05 / 38.94	41.73 / 38.90	257.5	0.101	–0.335
SIN HALLAZGOS- FISIOLÓGICO / LÍMITROFE-PATOLÓGICO	80 / 15	43.30 / 39.24	42.55 / 39.88	393.0	0.035	–0.345

Nota. U de Mann–Whitney. La segunda fila es una sensibilidad descriptiva y no define ECG anormal.

5.8 VO₂máx y hallazgos electrocardiográficos específicos

Ninguno de los cinco hallazgos frecuentes se asoció con VO₂máx después del control de multiplicidad.

Tabla 14. Hallazgos electrocardiográficos frecuentes y VO₂máx.

HALLAZGO	N PRESENT E	MEDIA AUSENTE / PRESENTE	U	P	P AJUSTADA FDR
BRADICARDIA SINUSAL	24	41.82 / 45.16	699.0	0.191	0.419
VOLTAJE DE VI	18	42.89 / 41.70	813.0	0.256	0.419
REPOLARIZACIÓN PRECOZ	8	42.56 / 43.81	324.5	0.758	0.758
BIRD	6	42.59 / 43.74	193.5	0.264	0.419
CRECIMIENTO AURICULAR IZQUIERDO	6	42.81 / 40.48	330.5	0.335	0.419

Nota. U de Mann–Whitney; FDR mediante Benjamini–Hochberg. VO₂máx en ml/kg/min.

5.9 Correlación entre el número de hallazgos electrocardiográficos y el VO₂máx

El número de hallazgos no presentó relación monotónica con el VO₂máx.

Tabla 15. Correlación entre número de hallazgos y VO₂máx.

VARIABLES	P DE SPEARMAN	P	N
NÚMERO DE HALLAZGOS – VO ₂ MÁX	0.002	0.986	95

5.10 Relación entre VO₂máx y variables electrocardiográficas continuas

Entre las variables continuas del ECG, solo el eje eléctrico mostró una correlación que se mantuvo tras el ajuste por FDR. Se consideró exploratoria por la ausencia de una hipótesis direccional previa y porque una correlación no establece utilidad clínica.

Tabla 16. Correlación entre VO₂máx y variables electrocardiográficas continuas.

VARIABLE	P DE SPEARMAN	P	P AJUSTADA FDR
EJE ELÉCTRICO	0.302	0.003	0.021
VOLTAJE VI	−0.031	0.763	0.891
VOLTAJE VD	0.129	0.212	0.742
DURACIÓN DE ONDA P	0.058	0.573	0.891
INTERVALO PR	0.010	0.922	0.922
QTC	−0.073	0.483	0.891
DURACIÓN QRS	−0.040	0.699	0.891

Nota. n = 95. Benjamini–Hochberg aplicado a siete correlaciones.

5.11 Modelo multivariado para VO₂máx

El modelo principal explicó 34.5% de la variabilidad del VO₂máx (R² ajustado = 0.300). La edad y el porcentaje de grasa mostraron asociaciones inversas; ni la interpretación

clínica del ECG ni la posición se asociaron de manera independiente. El bloque conjunto de posición tampoco fue significativo ($F = 0.468$; $p = 0.705$).

Tabla 17. Modelo de regresión lineal múltiple para VO_2 máx.

VARIABLE	B	IC 95%	B	P HC3	VIF
INTERCEPTO	62.585	56.592 a 68.578	—	<0.001	—
JARDINERO VS LANZADOR	-1.930	-5.933 a 2.074	-0.083	0.341	1.20
CUADRO VS LANZADOR	0.223	-3.233 a 3.679	0.012	0.898	1.15
RECEPTOR VS LANZADOR	1.322	-2.056 a 4.699	0.047	0.439	1.07
EDAD, AÑOS	-0.374	-0.600 a -0.149	-0.265	0.001	1.28
GRASA, %	-0.502	-0.715 a -0.289	-0.427	<0.001	1.18
REQUIERE EVALUACIÓN ECG	-0.932	-5.237 a 3.373	-0.035	0.668	1.09

Nota. $n = 95$; $F(6, 88) = 7.723$; $p < 0.001$; $R^2 = 0.345$; R^2 ajustado = 0.300; $RMSE = 6.691$. Errores estándar y p robustos HC3.

Los residuos no cumplieron normalidad (Shapiro–Wilk $p < 0.001$), pero no hubo evidencia de heterocedasticidad y se emplearon errores robustos HC3. La exclusión de una observación con residuo studentizado absoluto mayor de tres mantuvo las conclusiones. Sustituir la interpretación clínica por la agrupación descriptiva también produjo un coeficiente ECG no significativo ($B = -1.241$; $p = 0.450$).

Tabla 18. Diagnósticos y análisis de sensibilidad del modelo.

EVALUACIÓN	RESULTADO	INTERPRETACIÓN
BREUSCH–PAGAN	$p = 0.840$	Sin evidencia de heterocedasticidad
RESET	$p = 0.088$	Sin evidencia concluyente de mala especificación
DURBIN–WATSON	1.905	Sin autocorrelación relevante aparente
VIF	1.07–1.28	Sin colinealidad importante
COOK MÁXIMO	0.067	Ninguna observación > 1
AGRUPACIÓN DESCRIPTIVA	$B \text{ ECG} = -1.241$; $p = 0.450$	Conclusión sin cambio
EXCLUIR RESIDUO STUDENTIZADO > 3	$n = 94$; $B \text{ ECG} = -0.395$; $p = 0.847$	Conclusión sin cambio

Nota. Los diagnósticos se interpretaron en conjunto; se usaron estimadores HC3.

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

El principal resultado de este estudio fue que la interpretación clínica del ECG en reposo no se asoció de manera independiente con el $\text{VO}_2\text{máx}$ en 95 béisbolistas profesionales. La conclusión fue consistente en la comparación no ajustada, en el modelo multivariado y en los análisis de sensibilidad. Edad y porcentaje de grasa mostraron asociaciones inversas con el desenlace, mientras que la posición no aportó información independiente después del ajuste.

La reconstrucción de las categorías fue esencial para llegar a una estimación válida. La base resumida contenía discrepancias con los hallazgos elementales, por lo que se aplicó una jerarquía reproducible. Además, se distinguió un hallazgo limítrofe aislado de la indicación clínica de evaluación adicional. Esta decisión sigue los Criterios Internacionales y evita denominar «anormal» a todo ECG limítrofe (Sharma et al., 2017).

La distribución final fue de 33 ECG sin hallazgos, 47 con hallazgos fisiológicos, 7 limítrofes y 8 patológicos. La comparación por posición requirió una prueba exacta porque 68.8% de las celdas esperadas eran menores de cinco. El valor Monte Carlo de $p = 0.862$ no apoyó una asociación, pero los subgrupos pequeños —en especial los ocho receptores— limitan la precisión. La ausencia de significancia no equivale a demostrar igualdad entre posiciones.

La prevalencia de categorías patológicas, 8.4%, fue mayor que el 1.3% descrito en 131 béisbolistas de una cohorte local publicada por González González et al. (2023). En esa publicación, 40.3% presentaron cambios relacionados con el entrenamiento y 2.3% hallazgos limítrofes. Las diferencias pueden reflejar selección, periodo, lectura, reglas de clasificación o variación muestral. No es posible atribuir las a un único factor con los datos disponibles.

La frecuencia de tres registros con onda ϵ requiere especial prudencia. Platonov et al. (2016) mostraron variabilidad interobservador elevada en su identificación. La tesis no dispone de trazos originales ni de información sobre lectores para confirmar esos patrones. Por tanto, el dato se reporta como codificado y debe motivar relectura cardiológica, no una inferencia de prevalencia definitiva.

El $\text{VO}_2\text{máx}$ promedio fue 42.66 ± 8.00 ml/kg/min, cercano aunque algo menor al promedio de 45.1 ± 5.6 comunicado para béisbolistas por González González et al. (2023). La comparación es descriptiva porque las poblaciones y protocolos pueden diferir. Gillett et al. (2016) documentaron que el acondicionamiento y la composición corporal cambian durante una temporada, lo que refuerza la importancia del momento de medición.

No se encontraron diferencias de $\text{VO}_2\text{máx}$ entre posiciones. Esta observación es compatible con la idea de que la capacidad aeróbica representa una base general de acondicionamiento, mientras que muchas exigencias competitivas del béisbol dependen de potencia, técnica y velocidad. Sin embargo, el grupo de receptores fue pequeño y tuvo menor dispersión, por lo que el estudio no descarta diferencias de menor magnitud.

Sí se observaron diferencias morfológicas entre lanzadores y jardineros. Los lanzadores presentaron mayor porcentaje de grasa y menor porcentaje de músculo. Hoffman et al. (2009) y Yang et al. (2014) también describieron heterogeneidad antropométrica por posición en jugadores profesionales. Estas asociaciones no implican que la posición cause el perfil corporal; la selección de talento y la especialización de entrenamiento pueden contribuir simultáneamente.

La composición corporal también se exploró según la clasificación electrocardiográfica. Las pruebas globales de Kruskal–Wallis sugirieron diferencias en grasa y músculo, pero ninguna comparación pareada conservó significancia después de corregir por multiplicidad y la sensibilidad con Welch no alcanzó el umbral de 0.05. Además, la comparación clínicamente alineada entre quienes requerían y no requerían evaluación adicional no mostró diferencias en grasa, músculo ni pliegues. En consecuencia, estos datos no sostienen una relación robusta entre composición corporal y clasificación del ECG; la señal global debe considerarse exploratoria y susceptible a la inestabilidad producida por los grupos de siete y ocho jugadores.

La asociación inversa entre porcentaje de grasa y $\text{VO}_2\text{máx}$ fue la de mayor magnitud estandarizada. Debe recordarse que el $\text{VO}_2\text{máx}$ se expresó por kilogramo de peso corporal. Parte de la relación puede surgir de esa normalización matemática, además de diferencias fisiológicas. El coeficiente transversal no debe presentarse como el efecto esperado de una intervención de reducción de grasa.

La edad también mostró una asociación inversa independiente. El intervalo observado fue de 15 a 39 años y el diseño no permite distinguir envejecimiento, antigüedad deportiva, cambios de entrenamiento o selección. El término «factor asociado» es más adecuado que «determinante» en este contexto.

La agrupación descriptiva de ECG limítrofe/patológico mostró una diferencia no ajustada de $\text{VO}_2\text{máx}$, pero perdió significancia después de ajustar edad, grasa y posición. Esta divergencia ilustra por qué una comparación simple no basta para sostener utilidad independiente. La interpretación clínica alineada con los criterios tampoco fue significativa antes del ajuste.

Ninguno de los cinco hallazgos frecuentes se relacionó con $\text{VO}_2\text{máx}$ después de controlar la tasa de falsos descubrimientos. El número total de hallazgos tampoco mostró correlación. Estos resultados sugieren que la carga descriptiva de patrones en reposo no funciona como escala de capacidad aeróbica.

El eje eléctrico presentó una correlación positiva modesta que sobrevivió el ajuste por multiplicidad. Este resultado fue exploratorio y carece de una hipótesis mecánica específica en la tesis. No se incorporó como conclusión principal ni como recomendación clínica. Su replicación requeriría trazos revisados, mediciones estandarizadas y una cohorte independiente.

El modelo final trató la posición como variable nominal mediante indicadores, corrigiendo el supuesto incorrecto de una escala lineal entre posiciones. La colinealidad fue baja y no se detectó heterocedasticidad. Aunque los residuos no fueron normales, los errores estándar HC3 y la sensibilidad a observaciones influyentes ofrecieron una inferencia más robusta; las conclusiones principales permanecieron estables.

Desde la perspectiva clínica, el hallazgo central tiene un alcance preciso: el ECG en reposo no debe utilizarse como sustituto de la medición del $\text{VO}_2\text{máx}$. A la inversa, un $\text{VO}_2\text{máx}$ normal o alto no modifica la indicación de estudiar un patrón anormal. El rendimiento funcional y la seguridad cardiovascular son dimensiones complementarias.

La contribución del trabajo consiste en integrar una población profesional poco estudiada, auditar la trazabilidad de la clasificación y aplicar métodos acordes con la estructura de los datos. Sus resultados aportan una estimación local y una base para diseños prospectivos, pero no constituyen valores normativos para toda la LMB.

6.1 Limitaciones

El diseño retrospectivo y transversal impide establecer temporalidad o causalidad. La muestra procede de un solo centro y los grupos posicionales fueron pequeños y desiguales, en especial receptores, lo que reduce la precisión y la potencia para detectar interacciones o diferencias modestas.

No se dispuso de los trazos electrocardiográficos originales para una relectura independiente, ni quedaron documentados en los archivos proporcionados los parámetros de adquisición, el reposo previo, la experiencia de los lectores o el mecanismo de resolución de discrepancias. Aunque se identificó el sistema CPET BTL, no se contó con su modelo específico. La presencia codificada de ondas épsilon y otros hallazgos patológicos debe verificarse clínicamente.

Aunque la bioimpedancia se realizó con equipo InBody, no se documentó el modelo, las condiciones previas ni la confiabilidad de las mediciones antropométricas. Tampoco se incluyeron síntomas, antecedentes familiares, presión arterial, ecocardiografía, resonancia, carga de entrenamiento, años de práctica, momento de la temporada, medicación o seguimiento clínico.

Un valor de onda P e intervalo PR fue implausible. Se conservó para no modificar datos fuente y se efectuó una sensibilidad, pero debe cotejarse con el expediente. Las discrepancias entre campos elementales y variables resumen muestran riesgo de error de clasificación, aunque la derivación reproducible mitigó su efecto analítico.

El $\text{VO}_{2\text{máx}}$ relativo incluye el peso en el denominador, lo cual puede amplificar su relación con adiposidad. Los análisis de composición corporal por categoría del ECG,

hallazgos específicos y variables continuas fueron exploratorios; los grupos limítrofe y patológico incluyeron siete y ocho jugadores, respectivamente, y las señales globales de grasa y músculo no fueron consistentes en todas las pruebas de sensibilidad. Aunque se controló la multiplicidad cuando correspondía, estos resultados requieren replicación. La clasificación institucional de riesgo y el fundamento de una eventual dispensa de consentimiento deben cotejarse con el dictamen del folio MD25-00008 antes del depósito.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

En 95 beisbolistas profesionales de la LMB, la interpretación clínica del ECG en reposo no se asoció de manera independiente con el $\text{VO}_2\text{máx}$. Este resultado fue consistente en análisis no ajustados, regresión multivariada y sensibilidades.

La edad y el porcentaje de grasa se asociaron inversamente con el $\text{VO}_2\text{máx}$. La posición no mostró una asociación independiente con la capacidad aeróbica, aunque se identificaron diferencias de composición corporal entre lanzadores y jardineros. El análisis exploratorio no demostró una asociación robusta entre la composición corporal y la clasificación electrocardiográfica.

La distribución de las categorías electrocardiográficas no difirió por posición. Los hallazgos patológicos codificados conservaron relevancia clínica aun cuando no se relacionaron con el $\text{VO}_2\text{máx}$; la ausencia de asociación funcional no demuestra benignidad.

El eje eléctrico mostró una señal exploratoria que requiere confirmación independiente. En conjunto, los resultados apoyan el uso complementario —no intercambiable— del ECG y la ergoespiometría en la valoración del beisbolista profesional.

7.1 Implicaciones clínico-prácticas

El ECG debe interpretarse con criterios específicos para atletas y dentro del contexto clínico. Un hallazgo limítrofe aislado no debe etiquetarse automáticamente como anormal; dos hallazgos limítrofes o cualquier hallazgo patológico ameritan la ruta de evaluación recomendada.

La medición del $\text{VO}_2\text{máx}$ aporta información funcional, pero no es una prueba para descartar cardiopatía. La composición corporal puede orientar el acondicionamiento individual, sin convertir asociaciones transversales en prescripciones causales.

7.2 Recomendaciones para futuras investigaciones

Realizar estudios prospectivos multicéntricos con muestras equilibradas por posición y registro del momento de la temporada, carga de entrenamiento y años de práctica.

Conservar los trazos digitales y establecer lectura independiente por especialistas, cegada al $\text{VO}_2\text{máx}$, con resolución de discrepancias y seguimiento de los hallazgos anormales mediante estudios dirigidos.

Estandarizar y reportar marca, modelo, calibración y condiciones de ECG, ergoespirometría, bioimpedancia y antropometría.

Analizar VO_2 absoluto y relativo, así como escalamiento alométrico, para separar el efecto del tamaño corporal. Validar la señal del eje eléctrico en una cohorte externa y limitar las hipótesis exploratorias mediante un plan estadístico previo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D., & Müller, W. (2012). Current status of body composition assessment in sport. *Sports Medicine*, 42(3), 227–249. <https://doi.org/10.2165/11597140-0000000000-00000>
- American College of Sports Medicine. (2021). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (11th ed.). Wolters Kluwer.
- Arth, Z. W., Pike, M. P., Gentile, P. C., Bruce, B., & Capuano, D. (2025). Competing together, nations apart: Identity and nationality at the 2023 World Baseball Classic. *Communication & Sport*, 13(5), 923–945. <https://doi.org/10.1177/21674795241237230>
- Baggish, A. L., & Wood, M. J. (2011). Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: Scientific and clinical update. *Circulation*, 123(23), 2723–2735. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.981571>
- Bassett, D. R., Jr., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 70–84. <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Corrado, D., Basso, C., Pavei, A., Michieli, P., Schiavon, M., & Thiene, G. (2006). Trends in sudden cardiovascular death in young competitive athletes after implementation of a preparticipation screening program. *JAMA*, 296(13), 1593–1601. <https://doi.org/10.1001/jama.296.13.1593>
- Celis Galindo, D. G., & Herrera Paz, R. S. A. (2020). El béisbol mexicano como productor de espacio: El peso de la élite en el deporte. *Espacialidades*, 10(2), 35–53. <https://doi.org/10.24275/uam/cua/dcsh/esp/2020v10n2/Celis>

- Drezner, J. A., Ackerman, M. J., Anderson, J., Ashley, E., Asplund, C. A., Baggish, A. L., Börjesson, M., Cannon, B. C., Corrado, D., DiFiori, J. P., Fischbach, P., Froelicher, V., Harmon, K. G., Heidbuchel, H., Marek, J., Owens, D. S., Paul, S., Pelliccia, A., Prutkin, J. M., ... Wilson, M. G. (2013). Electrocardiographic interpretation in athletes: The 'Seattle criteria'. *British Journal of Sports Medicine*, 47(3), 122–124.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-092067>
- Gillett, J., Dawes, J. J., Heidner, G. S., & Zink, A. J. (2016). A longitudinal study of strength and body composition in collegiate baseball players. *Sports*, 4(1), Article 14.
<https://doi.org/10.3390/sports4010014>
- González González, V., Barrón Gámez, C. E., Salazar Sepúlveda, L. L., Martínez Cervantes, T. J., & Salas Fraire, O. (2023). Prevalence of electrocardiographic abnormalities in elite and sub-elite professional athletes. *Archivos de Medicina del Deporte*, 40(5), 298–303.
<https://doi.org/10.18176/archmeddeporte.00146>
- Hoffman, J. R., Vazquez, J., Pichardo, N., & Tenenbaum, G. (2009). Anthropometric and performance comparisons in professional baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2173–2178.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bcd5c7>
- Hsieh, A., Baggish, A., & Phelan, D. (2025). The athlete's heart: Insights from multimodality imaging. *Circulation Research*, 137(2), 231–254.
<https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.125.325638>
- Maron, B. J., Levine, B. D., Washington, R. L., Baggish, A. L., Kovacs, R. J., & Maron, M. S. (2015). Eligibility and disqualification recommendations for competitive athletes with

cardiovascular abnormalities: Task Force 2: Preparticipation screening for cardiovascular disease in competitive athletes. *Circulation*, 132(22), e267–e272.

<https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000238>

Pelliccia, A., Sharma, S., Gati, S., Bäck, M., Börjesson, M., Caselli, S., Collet, J.-P., Corrado, D., Drezner, J. A., Halle, M., Hansen, D., Heidbuchel, H., Myers, J., Niebauer, J., Papadakis, M., Piepoli, M. F., Prescott, E., Roos-Hesselink, J. W., Stuart, A. G., ... Wilhelm, M. (2021). 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *European Heart Journal*, 42(1), 17–96.

<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa605>

Platonov, P. G., Calkins, H., Hauer, R. N. W., Corrado, D., Svendsen, J. H., & Wichter, T. (2016). High interobserver variability in the assessment of epsilon waves: Implications for diagnosis of arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy/dysplasia. *Heart Rhythm*, 13(1), 208–216. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2015.08.031>

Pluim, B. M., Zwinderman, A. H., van der Laarse, A., & van der Wall, E. E. (2000). The athlete's heart: A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation*, 101(3), 336–344. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.101.3.336>

Sharma, S., Drezner, J. A., Baggish, A., Papadakis, M., Wilson, M. G., Prutkin, J. M., La Gerche, A., Ackerman, M. J., Borjesson, M., Salerno, J. C., Asif, I. M., Owens, D. S., Chung, E. H., Emery, M. S., Froelicher, V. F., Heidbuchel, H., Adamuz, C., Asplund, C. A., Cohen, G., ... Corrado, D. (2017). International recommendations for electrocardiographic interpretation in athletes. *Journal of the American College of Cardiology*, 69(8), 1057–1075. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.01.015>

Yang, S. W., Kim, J. H., Kim, J. H., Kim, H. S., & Lee, J. (2014). Anthropometric and fitness profiles of elite Korean professional baseball players according to playing position. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(11), 3289–3292.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000527>

APÉNDICES

Los apéndices documentan la trazabilidad de las variables y de las decisiones estadísticas. No sustituyen los resultados principales y no contienen identificadores individuales.

APÉNDICE A. DICCIONARIO DE VARIABLES DE LA BASE ANALÍTICA

La Tabla A1 conserva los nombres originales de las 54 columnas del archivo .sav. La columna «uso» distingue variables fuente, indicadores binarios y variables resumen. Cuando existió discrepancia, los hallazgos elementales tuvieron prioridad para la derivación reproducible.

Tabla A1. Diccionario de variables del archivo .sav.

VARIABLE	DEFINICIÓN	ESCALA/UNIDAD	USO ANALÍTICO
ID	Identificador seudonimizado	Texto	Control de duplicados; no se reporta
EDAD	Edad	Años	Covariable continua
NACIONALIDAD	Nacionalidad	Categorica	Descripción
POSICIÓN	Posición de juego	1–4	Predictor nominal
PORCENTAJEGRASA	Porcentaje de grasa	%	Covariable
PORCENTAJEMUSCULO	Porcentaje de músculo	%	Descripción
SUMATORIA8PLIEGUES	Suma de ocho pliegues	mm	Descripción
FCREPOSO	Frecuencia cardíaca en reposo	lpm	Descripción/exploración
VO2MAX	Consumo máximo de oxígeno relativo	ml/kg/min	Desenlace
EJE	Eje eléctrico	grados	Exploratoria
VOLTAJEVI	Voltaje ventricular izquierdo	mV según registro	Exploratoria
VOLTAJEVD	Voltaje ventricular derecho	mV según registro	Exploratoria
INTERVALOQTC	Intervalo QT corregido	ms	Exploratoria
QRSMS	Duración de QRS	ms	Exploratoria
PMS	Duración de onda P	ms	Exploratoria/sensibilidad
INTERVALOPR	Intervalo PR	ms	Exploratoria/sensibilidad
HALLAZGOS1	Primer hallazgo codificado	0–32	Fuente elemental
CLASIFICACION1	Clase del primer hallazgo	0–3	Fuente elemental
HALLAZGOS2	Segundo hallazgo codificado	0–32	Fuente elemental
CLASIFICACION2	Clase del segundo hallazgo	0–3	Fuente elemental
HALLAZGOS3	Tercer hallazgo codificado	0–32	Fuente elemental
CLASIFICACION3	Clase del tercer hallazgo	0–3	Fuente elemental
NUMHALLAZGOS	Número resumido de hallazgos	Conteo	Resumen auditado
AUMENTOVOLTAJEVI	Criterio de voltaje de VI	0/1	Indicador auditado
AUMENTOVOLTAJEVD	Criterio de voltaje de VD	0/1	Indicador auditado
BLOQUEOINCOMPLETORD	Bloqueo incompleto de rama derecha	0/1	Indicador auditado
REPOLARIZACIONTEMPRANA	Repolarización precoz	0/1	Indicador auditado
BRADICARDIASINUSAL	Bradicardia sinusal	0/1	Indicador auditado
RITMODELAUNION	Ritmo de la unión	0/1	Indicador auditado
RITMOAORIALECTOPICO	Ritmo auricular ectópico	0/1	Indicador auditado
BLOQUEOAV1°	Bloqueo AV de primer grado	0/1	Indicador auditado
BLOQUEOAV2°MI	Bloqueo AV de segundo grado Mobitz I	0/1	Indicador auditado
DESVIACIONEJEI	Desviación del eje a la izquierda	0/1	Indicador auditado
CRECIMIENTOAURICULAR I	Crecimiento auricular izquierdo	0/1	Indicador auditado
DESVIACIONEJED	Desviación del eje a la derecha	0/1	Indicador auditado
CRECIMIENTOAURICULAR D	Crecimiento auricular derecho	0/1	Indicador auditado

BLOQUEODERAMADEREC HOCOMPLETO	Bloqueo completo de rama derecha	0/1	Indicador auditado
INVERSIONDELAOT	Inversión de onda T	0/1	Indicador auditado
DEPRESIONDELST	Depresión del segmento ST	0/1	Indicador auditado
ONDAQPATOLOGICA	Onda Q patológica	0/1	Indicador auditado
BLOQUEODERAMAI	Bloqueo completo de rama izquierda	0/1	Indicador auditado
QRSANCHO140MS	QRS ≥ 140 ms	0/1	Indicador auditado
ONDAEPSILON	Onda épsilon	0/1	Indicador auditado
PREEXITACIONVENTRICU LAR	Preexcitación ventricular	0/1	Indicador auditado
PROLONGACIONQT470MS	QTc prolongado (umbral codificado)	0/1	Indicador auditado
BRUGADA1	Patrón de Brugada tipo 1	0/1	Indicador auditado
BRADICARDIASINUSALIN TENZA30LPM	Bradicardia sinusal extrema	0/1	Indicador auditado
BLOQUEOAV1°GRAVEPR40 0MS	PR ≥ 400 ms	0/1	Indicador auditado
BLOQUEOAV2°MOBITZ2	Bloqueo AV de segundo grado Mobitz II	0/1	Indicador auditado
BLOQUEOAV3°	Bloqueo AV de tercer grado	0/1	Indicador auditado
CONTRACCIONESVENTRI CULARESPREMATURAS	Más de dos extrasístoles ventriculares	0/1	Indicador auditado
ARRITMIAVENTRICULAR	Arritmia ventricular	0/1	Indicador auditado
ARRITMIAAURICULAR	Arritmia auricular	0/1	Indicador auditado
CLASIFICACIÓNGENERAL	Clasificación general almacenada	1–4	Resumen auditado; no fuente primaria

Nota. Los nombres originales se conservan para permitir la reproducción con la sintaxis y la base proporcionadas.

APÉNDICE B. DICCIONARIO DE CÓDIGOS

ELECTROCARDIOGRÁFICOS

La Tabla B1 muestra las etiquetas del diccionario de valores de Hallazgos1–Hallazgos3, con ortografía normalizada para la tesis. La categoría se asignó según los Criterios Internacionales y la codificación disponible. La presencia de un código en la base se reportó sin reinterpretar el trazo original.

Tabla B1. Códigos de Hallazgos1–Hallazgos3.

CÓDIGO	HALLAZGO	CATEGORÍA DE DERIVACIÓN
0	Sin hallazgo	Sin hallazgos
1	Voltaje QRS para ventrículo derecho	Fisiológico
2	Voltaje QRS para ventrículo izquierdo	Fisiológico
3	Bloqueo incompleto de rama derecha	Fisiológico
4	Repolarización precoz/elevación del ST	Fisiológico
5	Elevación del ST seguida de inversión de T en V1–V4 en atleta negro	Fisiológico bajo criterios aplicables
6	Inversión de T en V1–V3 en menor de 16 años	Fisiológico bajo criterios aplicables
7	Bradicardia o arritmia sinusal	Fisiológico
8	Ritmo de la unión	Fisiológico
9	Ritmo auricular ectópico	Fisiológico
10	Bloqueo AV de primer grado	Fisiológico
11	Bloqueo AV de segundo grado Mobitz I	Fisiológico
12	Desviación del eje a la izquierda	Limítrofe
13	Crecimiento auricular izquierdo	Limítrofe
14	Desviación del eje a la derecha	Limítrofe
15	Crecimiento auricular derecho	Limítrofe
16	Bloqueo completo de rama derecha	Limítrofe
17	Inversión de la onda T	Patológico
18	Depresión del segmento ST	Patológico
19	Ondas Q patológicas	Patológico
20	Bloqueo completo de rama izquierda	Patológico
21	QRS ancho ≥ 140 ms	Patológico
22	Ondas epsilon	Patológico
23	Preexcitación ventricular	Patológico
24	Intervalo QT prolongado	Patológico
25	Patrón de Brugada tipo 1	Patológico
26	Bradicardia sinusal extrema < 30 lpm	Patológico
27	Intervalo PR ≥ 400 ms	Patológico
28	Bloqueo AV de segundo grado Mobitz II	Patológico
29	Bloqueo AV de tercer grado	Patológico
30	Más de dos contracciones ventriculares prematuras	Patológico
31	Taquiarritmia auricular	Patológico
32	Arritmia ventricular	Patológico

Nota. AV: auriculoventricular. Los códigos 5 y 6 exigen verificar que el contexto clínico descrito en la etiqueta sea aplicable.

Regla jerárquica de clasificación

Para cada registro se identificaron hasta tres hallazgos. Si alguno fue patológico, la categoría global derivada fue patológica. En ausencia de patología, cualquier hallazgo limítrofe produjo categoría limítrofe; si tampoco existía, cualquier hallazgo fisiológico produjo categoría fisiológica. Los registros con tres códigos cero se clasificaron sin hallazgos.

Regla de interpretación clínica

La indicación de evaluación adicional se derivó con una regla distinta de la jerarquía descriptiva: uno o más hallazgos patológicos, o dos o más hallazgos limítrofes. Un hallazgo limítrofe aislado no se consideró suficiente. Esta separación impidió usar la etiqueta «ECG anormal» para una combinación que incluyera automáticamente cualquier hallazgo limítrofe.

APÉNDICE C. TRAZABILIDAD Y CONTROL DE CALIDAD

La auditoría se efectuó antes de los contrastes inferenciales. La base tuvo 95 filas, 54 columnas, identificadores únicos y ausencia de datos faltantes. Las discrepancias se resolvieron con reglas explícitas y sin sobrescribir el archivo original.

Tabla C1. Resumen de verificaciones de integridad.

VERIFICACIÓN	RESULTADO	CONSECUENCIA
DIMENSIÓN	95 × 54	Coincide con el universo analizado
DUPLICADOS DE ID	0	Ninguna exclusión
DATOS FALTANTES	0	No se imputaron valores
NUMHALLAZGOS VS CAMPOS ELEMENTALES	1 discrepancia	Recalcular desde Hallazgos1–3
BINARIOS VS CAMPOS ELEMENTALES	5 discrepancias en 3 registros	Recalcular prevalencias desde códigos
CLASIFICACIÓN GENERAL	3 discrepancias	Recalcular por jerarquía
ONDA P/PR	1 registro implausible	Sensibilidad excluyendo ese registro
VO ₂ MÁX Y MAXIMALIDAD	95 completos	Todos cumplieron RER, FC y Borg definidos

Las discrepancias no se interpretaron como falsificación ni como error clínico

confirmado. Pueden surgir de captura, actualización parcial de variables binarias o diferencias entre la clasificación inicial y la regla aplicada posteriormente. La elección de los campos elementales se justificó porque contienen el dato de menor nivel y permiten reconstruir todas las variables resumen con una regla verificable.

El registro con duración de onda P de 10 ms e intervalo PR de 46 ms se consideró implausible desde el punto de vista fisiológico y de unidades. No se corrigió porque no se contó con el ECG original. Al excluirlo, la correlación onda P–VO₂máx fue $\rho = 0.031$ ($p = 0.765$) y la correlación PR–VO₂máx fue $\rho = -0.018$ ($p = 0.867$), sin modificación de la conclusión.

La prueba de posición por clasificación fue un caso adicional de control de calidad estadístico. Aunque el cálculo de Pearson produjo $p = 0.838$, 11 de 16 frecuencias esperadas fueron menores de cinco. Se prefirió la distribución condicional Monte Carlo con un

millón de réplicas. El error de simulación fue pequeño y el intervalo 0.861–0.863 estuvo lejos del umbral de significancia.

APÉNDICE D. RESULTADOS ESTADÍSTICOS COMPLEMENTARIOS

Este apéndice presenta resultados que respaldan la elección de pruebas y la robustez del modelo. Se incluyen para transparencia, pero no modifican las conclusiones principales.

Tabla D1. Frecuencias esperadas de posición por clasificación ECG.

POSICIÓN	SIN HALLAZGOS	FISIOLÓGICOS	LIMÍTROFES	PATOLÓGICOS
LANZADOR	18.758	26.716	3.979	4.547
RECEPTOR	2.779	3.958	0.589	0.674
JUGADOR DE CUADRO	6.600	9.400	1.400	1.600
JARDINERO	4.863	6.926	1.032	1.179

Nota. Once de 16 celdas (68.8%) tuvieron valores esperados < 5; mínimo 0.589.

Tabla D2. Comparaciones Games–Howell de porcentaje de grasa.

GRUPO 1	GRUPO 2	DIFERENCIA	IC 95%	P
LANZADOR	Receptor	1.883	–2.83 a 6.60	0.675
LANZADOR	Jugador de cuadro	2.602	–1.98 a 7.19	0.435
LANZADOR	Jardinero	4.985	0.55 a 9.42	0.023
RECEPTOR	Jugador de cuadro	0.719	–4.56 a 6.00	0.981
RECEPTOR	Jardinero	3.102	–2.07 a 8.27	0.354
JUGADOR DE CUADRO	Jardinero	2.383	–2.70 a 7.47	0.587

Nota. Diferencias en puntos porcentuales.

Tabla D3. Comparaciones Games–Howell de porcentaje de músculo.

GRUPO 1	GRUPO 2	DIFERENCIA	IC 95%	P
LANZADOR	Receptor	–0.987	–3.53 a 1.55	0.692
LANZADOR	Jugador de cuadro	–1.306	–3.92 a 1.30	0.540
LANZADOR	Jardinero	–2.975	–5.45 a –0.50	0.014
RECEPTOR	Jugador de cuadro	–0.319	–3.29 a 2.65	0.991
RECEPTOR	Jardinero	–1.988	–4.85 a 0.88	0.240
JUGADOR DE CUADRO	Jardinero	–1.669	–4.61 a 1.27	0.426

Nota. Diferencias en puntos porcentuales.

Tabla D4. Pruebas alternativas de VO₂máx entre cuatro categorías ECG.

PRUEBA	ESTADÍSTICO	P	USO
KRUSKAL–WALLIS	H = 6.595	0.086	Principal
ANOVA CLÁSICO	F = 1.606	0.193	Sensibilidad
ANOVA DE WELCH	F = 1.926	0.158	Sensibilidad

Nota. Levene p = 0.262. Las tres pruebas condujeron a la misma conclusión.

Tabla D5. Parámetros globales del modelo principal.

PARÁMETRO	VALOR	PARÁMETRO	VALOR
N	95	Predictores	6
R ²	0.345	R ² ajustado	0.300
F	7.723	p global	< 0.001
RMSE	6.691	AIC	637.477
BIC	655.355	gl residuales	88
SHAPIRO DE RESIDUOS	p < 0.001	Breusch–Pagan	p = 0.840
RESET	p = 0.088	Durbin–Watson	1.905
COOK MÁXIMO	0.067	Apalancamiento máximo	0.250

Interpretación de robustez

La falta de normalidad de residuos afecta sobre todo la precisión de la inferencia clásica en muestras pequeñas. Se utilizaron errores estándar HC3, que no cambian los coeficientes puntuales pero ajustan su varianza frente a heterogeneidad e influencia. La prueba de Breusch–Pagan no mostró heterocedasticidad; aun así, HC3 se mantuvo como decisión conservadora.

Tres observaciones superaron el umbral orientativo de $4/n$ para distancia de Cook, pero la máxima fue 0.067 y ninguna se acercó a uno. Una observación tuvo residuo studentizado externo mayor de tres. Su exclusión aumentó el R² ajustado, pero mantuvo negativas las asociaciones de edad y grasa y dejó sin asociación al ECG. No se eliminó del análisis principal porque no existió evidencia de captura incorrecta en el desenlace.

La sensibilidad con la agrupación descriptiva limítrofe/patológico produjo $B = -1.241$ y $p_{HC3} = 0.450$. Este resultado explica por qué la diferencia U de Mann–Whitney no ajustada no debe interpretarse como efecto independiente: parte de la separación entre grupos coincide con edad, grasa y estructura posicional.

APÉNDICE E. ESPECIFICACIÓN REPRODUCIBLE DEL ANÁLISIS

La secuencia siguiente permite reproducir los resultados sin modificar la base original. Se incluye como guía de verificación para la revisión académica y no como sustituto de la sintaxis entregada.

1. Importar el archivo .sav conservando etiquetas de variables y de valores; verificar 95 registros, 54 columnas y unicidad de ID.
2. Convertir los códigos de posición a un factor nominal con cuatro niveles y definir lanzador como categoría de referencia en la regresión.
3. Leer Hallazgos1–Hallazgos3 y Clasificacion1–Clasificacion3. Reconstruir el número de hallazgos contando códigos distintos de cero.
4. Derivar la categoría global por la máxima jerarquía observada: patológico, limítrofe, fisiológico o sin hallazgos.
5. Derivar la indicación de evaluación adicional con cualquier hallazgo patológico o al menos dos limítrofes; mantener por separado la agrupación descriptiva limítrofe/patológico.
6. Recalcular los indicadores de hallazgos específicos desde los tres códigos y comparar contra las columnas binarias solo con fines de auditoría.
7. Resumir las variables continuas por posición con media, DE, mediana y cuartiles. Usar Welch o Kruskal–Wallis conforme al plan y Games–Howell únicamente después de una prueba global significativa.

8. Construir la tabla posición por categoría. Debido a frecuencias esperadas pequeñas, estimar la probabilidad exacta condicional mediante un millón de tablas Monte Carlo con semilla 20260805.
9. Comparar grasa, músculo y sumatoria de ocho pliegues entre las cuatro categorías ECG mediante Kruskal–Wallis; aplicar U de Mann–Whitney con corrección de Holm tras una prueba global significativa y repetir la comparación con la interpretación clínica binaria.
10. Comparar VO_2 máx por cuatro categorías, por interpretación clínica y por agrupación descriptiva. Reportar magnitud y distinguir análisis principal de sensibilidad.
11. Aplicar U de Mann–Whitney a los cinco hallazgos más frecuentes y ajustar la familia de probabilidades con Benjamini–Hochberg.
12. Calcular Spearman para número de hallazgos y para siete variables ECG continuas; ajustar esta última familia mediante Benjamini–Hochberg.
13. Ajustar VO_2 máx por edad, porcentaje de grasa, interpretación clínica ECG y tres indicadores de posición. Obtener IC y probabilidades robustas HC3.
14. Examinar residuos, Breusch–Pagan, RESET, Durbin–Watson, VIF, Cook, apalancamiento y residuos studentizados externos.
15. Repetir el modelo con la agrupación descriptiva y excluyendo observaciones con residuo studentizado externo absoluto mayor de tres; comparar signos, magnitudes y conclusiones.
16. Exportar tablas con redondeo solo al final. Conservar resultados de precisión completa en archivos de auditoría y verificar que las cifras del texto coincidan con las tablas.

Criterio de interpretación final

La conclusión principal se basa en convergencia: comparación clínica no significativa, coeficiente ECG no significativo con ajuste, sensibilidad descriptiva no significativa con ajuste y estabilidad al excluir una observación influyente. La señal del eje eléctrico se mantiene como hallazgo exploratorio porque procede de una familia de correlaciones y no fue parte de la hipótesis confirmatoria.

APÉNDICE F. MATRICES NUMÉRICAS DE VERIFICACIÓN

Las tablas de este apéndice se generan directamente a partir de las salidas de reanálisis, antes del redondeo editorial. Su finalidad es facilitar el cotejo entre base, texto y resultados durante la revisión académica.

Tabla F1. Estadística descriptiva completa por variable y grupo.

VARIABLE	GRUPO	N	MEDIA ± DE	MEDIANA [P25–P75]	MÍN–MÁX
EDAD (AÑOS)	Lanzador	54	25.44 ± 5.23	25.50 [21.00–29.75]	17.00–36.00
EDAD (AÑOS)	Receptor	8	23.50 ± 6.74	24.00 [18.25–26.50]	15.00–34.00
EDAD (AÑOS)	Jugador de cuadro	19	26.47 ± 6.83	26.00 [21.50–31.50]	17.00–39.00
EDAD (AÑOS)	Jardinero	14	25.36 ± 5.29	26.00 [21.25–28.75]	17.00–34.00
EDAD (AÑOS)	Total	95	25.47 ± 5.67	25.00 [21.00–30.00]	15.00–39.00
GRASA (%)	Lanzador	54	21.67 ± 7.52	20.50 [17.43–25.68]	9.30–45.90
GRASA (%)	Receptor	8	19.79 ± 3.70	19.90 [17.43–21.47]	14.40–24.90
GRASA (%)	Jugador de cuadro	19	19.07 ± 5.97	21.10 [14.75–22.20]	7.70–29.10
GRASA (%)	Jardinero	14	16.69 ± 4.77	18.15 [13.43–19.80]	7.90–23.50
GRASA (%)	Total	95	20.26 ± 6.80	19.90 [16.45–23.25]	7.70–45.90
MÚSCULO (%)	Lanzador	54	45.18 ± 4.01	45.80 [42.78–47.60]	35.20–52.70
MÚSCULO (%)	Receptor	8	46.17 ± 2.00	46.20 [45.21–47.65]	43.10–48.80
MÚSCULO (%)	Jugador de cuadro	19	46.49 ± 3.49	45.70 [44.60–48.70]	40.32–53.30
MÚSCULO (%)	Jardinero	14	48.16 ± 2.73	47.50 [46.35–50.27]	44.50–53.00
MÚSCULO (%)	Total	95	45.96 ± 3.72	46.30 [43.95–48.10]	35.20–53.30
OCHO PLIEGUES (MM)	Lanzador	54	121.68 ± 39.60	122.50 [94.50–149.75]	50.40–205.00
OCHO PLIEGUES (MM)	Receptor	8	121.88 ± 34.18	131.00 [104.12–148.50]	53.00–154.50
OCHO PLIEGUES (MM)	Jugador de cuadro	19	97.78 ± 32.56	100.00 [77.00–116.00]	43.00–156.00
OCHO PLIEGUES (MM)	Jardinero	14	112.64 ± 36.83	104.50 [91.25–144.12]	55.00–168.00
OCHO PLIEGUES (MM)	Total	95	115.58 ± 38.10	113.00 [82.75–145.50]	43.00–205.00
FC REPOSO (LPM)	Lanzador	54	66.28 ± 12.68	65.00 [57.25–72.75]	44.00–95.00
FC REPOSO (LPM)	Receptor	8	66.88 ± 9.03	65.00 [63.00–67.50]	55.00–86.00
FC REPOSO (LPM)	Jugador de cuadro	19	69.37 ± 13.23	67.00 [62.50–73.00]	48.00–95.00
FC REPOSO (LPM)	Jardinero	14	68.14 ± 7.35	67.00 [62.25–72.00]	58.00–83.00
FC REPOSO (LPM)	Total	95	67.22 ± 11.80	65.00 [58.50–72.50]	44.00–95.00
VO ₂ MÁX (ML/KG/MIN)	Lanzador	54	42.06 ± 8.67	41.35 [37.48–47.00]	22.30–71.50
VO ₂ MÁX (ML/KG/MIN)	Receptor	8	45.17 ± 4.06	47.20 [41.40–48.23]	38.90–49.00
VO ₂ MÁX (ML/KG/MIN)	Jugador de cuadro	19	43.23 ± 7.04	43.00 [41.20–46.95]	24.00–58.00
VO ₂ MÁX (ML/KG/MIN)	Jardinero	14	42.79 ± 8.54	41.00 [37.30–46.75]	30.90–57.20
VO ₂ MÁX (ML/KG/MIN)	Total	95	42.66 ± 8.00	41.65 [38.50–47.60]	22.30–71.50

Nota. Cifras generadas desde descriptives.csv. El formato no implica normalidad.

Tabla F2. Coeficientes completos de los modelos de sensibilidad.

MODELO	TÉRMINO	B	IC 95%	P HC3
AGRUPACIÓN DESCRIPTIVA	Intercept	62.448	56.508 a 68.387	0.000
	C(Posicion_label, Treatment(reference='Lanzador'))[T.Jardinero]	-1.930	-5.894 a 2.034	0.336
AGRUPACIÓN DESCRIPTIVA	C(Posicion_label, Treatment(reference='Lanzador'))[T.Jugador de cuadro]	0.215	-3.271 a 3.701	0.903

AGRUPACIÓN DESCRIPTIVA	C(Posicion_label, Treatment(reference='Lanzador'))[T.Receptor]	1.387	-1.824 a 4.598	0.393
AGRUPACIÓN DESCRIPTIVA	Edad	-0.368	-0.591 a -0.145	0.001
AGRUPACIÓN DESCRIPTIVA	PorcentajeGrasa	-0.498	-0.710 a -0.286	0.000
AGRUPACIÓN DESCRIPTIVA	ECG_lim_pat	-1.241	-4.490 a 2.008	0.450
EXCLUIR $ R > 3$	Intercept	62.295	56.251 a 68.339	0.000
EXCLUIR $ R > 3$	C(Posicion_label, Treatment(reference='Lanzador'))[T.Jardí nero]	-1.213	-4.982 a 2.557	0.524
EXCLUIR $ R > 3$	C(Posicion_label, Treatment(reference='Lanzador'))[T.Jugador de cuadro]	0.869	-2.344 a 4.082	0.592
EXCLUIR $ R > 3$	C(Posicion_label, Treatment(reference='Lanzador'))[T.Receptor]	1.921	-1.324 a 5.165	0.243
EXCLUIR $ R > 3$	Edad	-0.404	-0.623 a -0.185	0.000
EXCLUIR $ R > 3$	PorcentajeGrasa	-0.482	-0.693 a -0.271	0.000
EXCLUIR $ R > 3$	ECG_requiere_evaluacion	-0.395	-4.463 a 3.673	0.847

Nota. La denominación de los términos conserva la salida del modelo para facilitar su trazabilidad.

Tabla F3. Comparaciones U de Mann–Whitney completas.

COMPARACIÓN	N AUS./PRES.	MEDIA AUS./PRES.	MEDIANA AUS./PRES.	U	P	R BISERIAL	P FDR
INTERPRETACIÓN CLÍNICA: REQUIERE EVALUACIÓN ADICIONAL	86/9	43.05/38.94	41.72/38.90	516.5	0.101	-0.335	—
AGRUPACIÓN DESCRIPTIVA ECG (LÍMITROFE/PATOLÓGICO)	80/15	43.30/39.24	42.55/39.88	807.0	0.035	-0.345	—
BRADICARDIA SINUSAL	71/24	41.82/45.16	41.60/44.40	699.0	0.191	0.180	0.419
AUMENTO DE VOLTAJE DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO	77/18	42.89/41.70	41.80/40.30	813.0	0.256	-0.173	0.419
REPOLARIZACIÓN TEMPRANA	87/8	42.56/43.81	41.65/41.45	324.5	0.758	0.068	0.758
BLOQUEO INCOMPLETO DE RAMA DERECHA	89/6	42.59/43.74	41.60/47.90	193.5	0.264	0.275	0.419
CRECIMIENTO AURICULAR IZQUIERDO	89/6	42.81/40.48	41.80/40.60	330.5	0.335	-0.238	0.419

Nota. Para las dos agrupaciones ECG no se aplicó el ajuste FDR de cinco hallazgos.

Control de redondeo

Los cálculos se conservaron con precisión de punto flotante y se redondearon únicamente al construir las tablas. Los valores p menores de 0.001 se expresan como $p < 0.001$

en el texto. Un resultado situado cerca de 0.05 no se reinterpreto por efecto del redondeo: las decisiones utilizaron el valor sin redondear.

APÉNDICE G. NOTAS PARA LA INTERPRETACIÓN DEL REANÁLISIS

Estas notas explican decisiones que suelen generar dudas durante la revisión de una tesis clínica. Su propósito es hacer explícito qué puede concluirse con los datos y qué afirmaciones quedarían fuera del diseño. Todas se refieren al análisis presentado en los capítulos 4 a 6.

Clasificación descriptiva e interpretación clínica

La categoría global resume el hallazgo de mayor jerarquía registrado en cada ECG. Esta regla permite describir la muestra, pero no reproduce por sí sola la decisión clínica de los Criterios Internacionales. La diferencia está en los patrones limítrofes: uno aislado puede considerarse una variante aceptable en un atleta asintomático sin antecedentes relevantes, mientras que la coexistencia de dos o más modifica la recomendación. Por esta razón, en la tesis aparecen dos variables distintas. La primera tiene cuatro categorías y responde cuántos ECG quedaron en cada nivel descriptivo. La segunda es binaria y responde cuántos cumplen una regla de evaluación adicional. Confundirlas habría aumentado artificialmente el grupo denominado anormal y habría mezclado conceptos clínicos diferentes.

Elección de la prueba exacta

La prueba χ^2 de Pearson aproxima la distribución del estadístico cuando las frecuencias esperadas son suficientemente grandes. En la tabla de cuatro posiciones por cuatro categorías, los grupos de receptores, limítrofes y patológicos produjeron muchas celdas pequeñas. El valor de Pearson se calculó para describir el problema, pero no se usó como inferencia definitiva. La prueba condicional Monte Carlo mantiene los totales marginales observados y estima qué proporción de tablas aleatorias es al menos tan extrema como la real.

Con un millón de réplicas, el error de simulación fue mucho menor que la distancia entre el valor obtenido y 0.05. Así, la conclusión no depende de una aproximación asintótica inadecuada.

Posición como variable nominal

Asignar los números 1, 2, 3 y 4 a lanzador, receptor, jugador de cuadro y jardinero es útil para almacenar datos, pero esos códigos no forman una escala. Introducirlos como un único predictor continuo impondría que el paso de lanzador a receptor tuviera el mismo significado que el paso de receptor a jugador de cuadro y, además, que el efecto siguiera una línea. El modelo corregido creó tres indicadores y utilizó al lanzador como referencia. Cada coeficiente representa una comparación específica manteniendo constantes edad, grasa e interpretación del ECG. La prueba del bloque de posición evaluó conjuntamente las tres comparaciones y no mostró evidencia de asociación.

Diferencia no ajustada frente a asociación independiente

La agrupación descriptiva limítrofe/patológico tuvo un valor p no ajustado de 0.035. Ese resultado no contradice la conclusión principal. Una prueba de Mann–Whitney compara distribuciones sin incorporar edad, adiposidad ni posición. Cuando la misma agrupación se añadió al modelo con esas covariables, su coeficiente fue pequeño respecto de la incertidumbre y dejó de ser significativo. La diferencia cruda puede reflejar parcialmente la composición de los grupos. Además, esa agrupación no equivale a la interpretación clínica recomendada. La tesis informa ambos resultados para evitar selección de resultados, pero asigna mayor peso al análisis clínicamente alineado y ajustado.

Errores robustos y residuos

La regresión lineal estima una media condicional y requiere revisar la forma funcional, la varianza de los errores y la influencia de observaciones extremas. Los residuos del modelo no fueron normales; sin embargo, la prueba de Breusch–Pagan no apoyó heterocedasticidad y la especificación RESET no mostró evidencia concluyente de términos omitidos no lineales. Se presentaron errores estándar HC3 porque toleran mejor variaciones de varianza e influencia en muestras moderadas. También se repitió el modelo excluyendo la observación con residuo studentizado externo mayor de tres. La edad y la grasa conservaron dirección y significancia, y el ECG permaneció no significativo.

Multiplicidad y hallazgos exploratorios

Cuantas más hipótesis se prueban, mayor es la posibilidad de obtener al menos una p menor de 0.05 por azar. La tesis definió dos familias exploratorias: cinco hallazgos frecuentes y siete variables continuas del ECG. En cada familia se aplicó Benjamini–Hochberg, que controla la proporción esperada de falsos descubrimientos entre los resultados declarados positivos. Ningún hallazgo binario se mantuvo asociado. El eje eléctrico sí conservó una p ajustada de 0.021, pero se presenta como señal exploratoria porque no fue el desenlace principal, no se acompañó de un mecanismo preespecificado y requiere verificación de medición y replicación externa.

VO₂máx relativo y composición corporal

El VO₂máx se expresó en mililitros por kilogramo por minuto. Esta normalización facilita la comparación de atletas de diferente tamaño, pero crea una relación matemática con el peso. Dos jugadores con igual consumo absoluto pueden tener valores

relativos diferentes si difiere su masa corporal. El porcentaje de grasa fue el predictor estandarizado de mayor magnitud, pero el coeficiente no debe interpretarse como el efecto causal de perder un punto de grasa. Para responder esa pregunta se necesitarían mediciones repetidas, control de entrenamiento y nutrición, y preferiblemente análisis del VO_2 absoluto o con escalamiento alométrico.

Ausencia de asociación y seguridad clínica

Una p mayor de 0.05 no demuestra que dos grupos sean idénticos; indica que los datos no aportaron evidencia suficiente contra la hipótesis nula bajo el modelo utilizado. Esta precaución es especialmente importante con ocho receptores, siete ECG limítrofes y ocho patológicos. Tampoco puede usarse el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ para decidir que un patrón anormal es benigno. La preexcitación, el QT prolongado, la inversión de T, los bloqueos completos y las ondas epsilon siguen rutas clínicas propias. La tesis limita su conclusión a la falta de utilidad del ECG como marcador independiente de capacidad aeróbica en esta muestra.

Alcance temporal y causal

Las variables se obtuvieron en una evaluación y el diseño fue retrospectivo y transversal. No se conoce si la composición corporal precedió al $\text{VO}_{2\text{máx}}$, si el volumen de entrenamiento modificó ambos o si la selección profesional condicionó la muestra. Por ello se utilizan los términos asociación, correlato y diferencia observada. Palabras como determinante, efecto o influencia causal se reservarían para diseños longitudinales o experimentales con una estrategia causal explícita. Esta precisión no debilita el estudio; delimita el tipo de evidencia que aporta.

Reproducibilidad y conservación de la fuente

La base original y la sintaxis se conservaron. El reanálisis no corrigió el archivo .sav: generó variables derivadas y tablas. Las discrepancias se informan para cotejo con los expedientes.