UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte-INEF

**EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE REACCIÓN EN
VELOCISTAS CON Y SIN DISCAPACIDAD AUDITIVA:
APLICACIONES PARA LA INCLUSIÓN**

TESIS DOCTORAL

JAVIER SOTO REY

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Madrid, 2016

**DEPARTAMENTO DE SALUD Y RENDIMIENTO
HUMANO**

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte-INEF

**EVALUACIÓN DEL TIEMPO DE REACCIÓN EN
VELOCISTAS CON Y SIN
DISCAPACIDAD AUDITIVA:
APLICACIONES PARA LA INCLUSIÓN**

TESIS DOCTORAL

JAVIER SOTO REY

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Directores

Dr. JAVIER PÉREZ TEJERO

Doctor en Educación Física

Dr. JESÚS JAVIER ROJO GONZÁLEZ

Doctor en Medicina y Cirugía

Madrid, 2016

Tribunal nombrado por el Mgfco. y Excmo. Sr. Rector de la
Universidad Politécnica de Madrid, el día de
..... de 2016.

Presidente: D.

Vocal: D.

Vocal: D.

Vocal: D.

Secretario: D.

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis, el día
..... de de 2016 en

Calificación:.....

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

“La vida es una obra de teatro que no permite ensayos... Por eso, canta, ríe, baila, llora y vive intensamente cada momento de tu vida... Antes que el telón baje y la obra termine sin aplausos”

(Charles Chaplin)

A mis padres, Juan Antonio y Charo.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría empezar con un especial agradecimiento a mis dos Directores, Javier Pérez Tejero y Jesús Javier Rojo González. Ambos me han descubierto el amor al trabajo de forma entusiasta y a moverme en ese clima que se contagia y se aprende. Gracias por el tiempo dedicado y las muestras de cariño durante todo este tiempo. Aquí en este momento, os vuelvo a pedir disculpas por si en el trayecto de este trabajo, no he estado a la altura esperada. Espero que con este trabajo que presentamos, haya estado a la altura de vuestras expectativas hacia mí. Sois un ejemplo a tener en cuenta como profesionales y personas. Os llevo para siempre en mi corazón. Muchas gracias.

Esta investigación se ha realizado gracias a una beca y contrato predoctoral del Centro de Estudios sobre Deporte Inclusivo (CEDI) de la Fundación Sanitas y la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF) de la Universidad Politécnica de Madrid, desarrollando el trabajo en el Departamento de Salud y Rendimiento Humano. Gracias a la Fundación Sanitas por apostar por el deporte inclusivo y permitir, con su apoyo, la realización de esta tesis doctoral.

Quiero agradecer a todos los que, desde su experiencia, me han aconsejado, Carmen Ocete, Javier Pinilla, Javier Alonso y Juan José García, compañeros del CEDI, que han estado conmigo en todo momento, aconsejándome, guiándome y haciéndome mil críticas siempre constructivas, en todas las fases de este largo proceso.

Del mismo modo, debo ser agradecido con mis compañeros y profesores del INEF, por el intercambio de experiencias y por ayudarme en los aspectos que yo no dominaba.

Mi agradecimiento para todos los atletas con y sin discapacidad auditiva, especialmente a Alberto Tribello y Jaime Martínez, que han participado en el estudio, por prestarse a realizar las pruebas y por realizarlas con todo su empeño.

También debo agradecer a Dr. José Manuel Sánchez Peña y Dr. Juan Carlos Torres Zafra del Departamento de Tecnología Electrónica (Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas) de la Universidad Carlos III de Madrid por el desarrollo y fabricación del dispositivo luminoso de salida empleado en esta investigación, con la ayuda con sus alumnos de la misma universidad.

También al Consejo Superior de Deportes y a la Real Federación Española de Atletismo especialmente a Juan Carlos Álvarez, por sus sugerencias útiles y colaboración en el uso de las instalaciones del módulo de atletismo del CAR de Madrid, así como el uso de su aparataje para las salidas en atletismo.

Al Dr. Raúl Reina, porque me ofreció la oportunidad de conocer su trabajo, que me abrió un mundo de conocimiento sobre el deporte adaptado, estadística e investigación. Gracias por el tiempo dedicado a mis dudas y consultas de diferentes trabajos de investigación. Te estaré eternamente agradecido y espero que sigamos colaborando en muchos proyectos en el futuro.

También debo agradecer al personal de la biblioteca del INEF de Madrid, por su rápida y eficaz labor que me benefició en la búsqueda bibliográfica.

A los centros, tanto a sus profesores, como al alumnado, como a los directores, donde se realizó la investigación. Sin ellos el documento que ahora presento, no se habría podido realizar.

A mi novia, hermanos, familiares y amigos, a los que he restado tiempo de disfrute que esta tesis les ha quitado, tanto por ayudarme como por tenerme lejos de su lado. Y sobre todo por su apoyo y paciencia en todos los momentos buenos y malos.

Quiero dedicar el esfuerzo realizado a las dos personas que más pendientes han estado de mis sueños, frustraciones, alegrías, penas, desvelos, viajes, durante la

realización de este trabajo, y que como consecuencia de mi dedicación he podido disfrutar menos, a mis padres Juan Antonio Soto y Charo Rey.

No me quiero olvidar de la gente que por uno u otro motivo, han hecho que la redacción de esta tesis, sea más llevadera durante mis estancias en Segovia, Madrid y mis viajes a compromisos deportivos para no dejar de atender mis quehaceres profesionales, ya sea con un café, con WhatsApp, con un paseo, con un correo electrónico cachondo, con entrenamientos de atletismo, cenando con amigos, yendo al cine o incluso con una cita, etc. MUCHAS GRACIAS.

INDICE DE ABREVIATURAS

- **a. C.:** antes de Cristo.
- **cm:** centímetros.
- **CDG:** centro de gravedad.
- **CEDI:** Centro de Estudios sobre Deporte Inclusivo.
- **CISS:** Comité International des Sport des Sourds.
- **COE:** Comité Olímpico Español.
- **CPE:** Comité Paralímpico Español.
- **CSD:** Consejo Superior de Deportes.
- **dB:** decibelio.
- **EA:** experimento ante un estímulo auditivo.
- **EDSO:** European Deaf Sports Organization.
- **EEG:** electroencefalografía.
- **EMG:** electromiografía.
- **EV5m:** experimento ante un estímulo visual colocado a 5 metros.
- **EVsuelo:** experimento ante un estímulo visual en el suelo.
- **FEDS:** Federación Española de Deportes para Sordos.
- **FMDS:** Federación Madrileña de Deportes para Sordos.
- **FNSSE:** Federación Nacional de Sociedades de Sordomudos de España.
- **HZ:** hercio.
- **IAAF:** International Association of Athletics Federations.
- **ICSD:** International Committee of Sports for the Deaf.
- **ICSC:** International Chess Committee of the Deaf.
- **INE:** Instituto Nacional Estadística.
- **IOC:** International Olympic Committee.
- **JJOO:** Juegos Olímpicos.
- **Kg:** kilogramo.
- **LOPD:** Ley orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal.
- **mA/h:** miliamperio por hora.
- **m:** metro.
- **m.l.:** metros lisos.
- **min:** minuto.

- **ms:** milésima de segundo.
- **m/s:** metro por segundo.
- **MTR:** Medidor del Tiempo de Reacción.
- **mV:** milivoltios.
- **NGL:** Núcleo Geniculado Lateral.
- **N/Kg:** Newton por Kilogramo.
- **ns:** no significativo.
- **RFEA:** Real Federación Española de Atletismo.
- **s:** segundo.
- **SN:** Sistema Nervioso.
- **SNC:** Sistema Nervioso Central.
- **SNP:** Sistema Nervioso Periférico.
- **t10m:** tiempo de desplazamiento a los 10 metros.
- **t20m:** tiempo de desplazamiento a los 20 metros.
- **TM:** Tiempo de Movimiento.
- **TR:** Tiempo de Reacción.
- **TREC:** Tiempo de Reacción Electiva Corporal.
- **TREM:** Tiempo de Reacción Electiva Manual.
- **TResp:** Tiempo de Respuesta.
- **TRC:** Tiempo de Reacción Corporal.
- **TRSC:** Tiempo de Reacción Simple Corporal.
- **TRSM:** Tiempo de Reacción Simple Manual.
- **TRV:** Tiempo de Reacción Visual.
- **VDA:** Velocistas con Discapacidad Auditiva.
- **VsDA:** Velocistas sin Discapacidad Auditiva.
- **VR:** Velocidad de Reacción.
- **Watt/cm2:** Vatios por centímetro cuadrado.

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	IX
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	XII
ÍNDICE.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XVI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
RESUMEN.....	XIX
SUMMARY.....	XV
PARTE I. MARCO TEÓRICO.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1. Tiempo de Reacción.....	4
1.1.1. Conceptos sobre el Tiempo de Reacción.....	4
1.1.2. Tiempo de Movimiento.....	5
1.1.3. Tiempo de Respuesta.....	6
1.1.4. Fases del Tiempo de Reacción.....	7
1.1.5. Tipos del Tiempo de Reacción.....	9
1.1.6. Anticipación e Intercepción.....	12
1.1.7. Factores que influyen en el Tiempo de Reacción.....	14
1.1.8. Percepción consciente y Tiempo de Reacción.....	20
1.2. Sistema Nervioso y su papel en el Tiempo de Reacción.....	21
1.2.1. Principales aspectos estructurales y funcionales del Sistema Nervioso en relación al Tiempo de Reacción.....	21
1.2.2. Organización del Sistema Nervioso.....	21
1.2.3. Generación y Conducción de potenciales en el Sistema Nervioso.....	25
1.2.4. Sinapsis del Sistema Nervioso Central.....	28
1.2.5. Vía visual.....	31
1.2.6. Vía auditiva.....	34
1.3. Deporte para personas con discapacidad auditiva.....	38
1.3.1. Origen y evolución del deporte para personas con discapacidad auditiva a nivel internacional y nacional.....	38
1.3.2. Instituciones que regulan y promueven el deporte para sordos y su situación actual.....	40
1.3.3. Criterios de elegibilidad.....	42
1.3.4. Número de licencias y clubes.....	43
1.3.5. Deporte paralímpico, adaptado e inclusivo.....	44

1.4. Salidas de velocidad en el atletismo.....	46
1.4.1. Reseñas históricas de la salida de velocidad atlética.....	46
1.4.2. Parámetros determinantes en la colocación de los tacos de salida.....	51
1.4.3. Análisis de la posición en la salida de velocidad atlética.....	53
1.4.4. Relación entre el Tiempo de Reacción y el rendimiento en las pruebas de velocidad atlética.....	56
1.4.5. Reglamento de la IAAF con respecto a la salida de velocidad atlética...	62
1.4.6. Tacos de salida.....	67
1.4.7. Sistema de detección del Tiempo de Reacción de salidas falsas.....	70
1.4.8. Sistema de salida en atletismo para personas con discapacidad auditiva	72
1.5. Justificación de estudio.....	75
 PARTE II. ESTUDIO.....	 79
CAPÍTULO 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	81
CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODO.....	83
3.1. Muestra.....	83
3.2. Material.....	85
3.3. Método.....	90
3.3.1. Diseño de investigación.....	90
3.3.2. Protocolo experimental.....	90
3.3.3. Estudio piloto.....	98
3.3.4. Procedimientos estadísticos utilizados.....	99
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....	101
4.1. Resultados del MTR.....	101
4.2. Resultados del REACTIME.....	105
4.3. Resultados del cuestionario de evaluación/satisfacción del dispositivo.....	109
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	113
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....	127
CAPÍTULO 7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	129
CAPÍTULO 8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	131
 PARTE III. BIBLIOGRAFÍA.....	 133
CAPÍTULO 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	135
 PARTE IV. ANEXOS.....	 149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación del TR en función del número de alternativas y la extremidad con que se efectúa la respuesta.....	11
Tabla 2.	Ciudad de celebración y año de Juegos Sordolímpicos de verano y de invierno celebrados.....	39
Tabla 3.	Modalidades y especialidades deportivas reconocidas en los estatutos de FEDS.....	41
Tabla 4.	Escala de valoración del TR.....	58
Tabla 5.	Reproductibilidad del TR.....	58
Tabla 6.	Valores tomados de atletas de élite mundial.....	59
Tabla 7.	Tiempos de respuestas de diferentes segmentos durante la salida, tras el disparo.....	60
Tabla 8.	Dos ejemplos de los TR registrados de los atletas participantes.....	62
Tabla 9.	Resultados de los velocistas en la final de 100 m.l. en los Juegos Olímpicos de Londres 2012.....	71
Tabla 10.	Características de la muestra objeto de estudio.....	84
Tabla 11.	Tabla resumen con el protocolo experimental para la 1ª toma de datos.....	95
Tabla 12.	Tabla resumen con el protocolo experimental para la 2ª toma de datos.....	97
Tabla 13.	Número de valores atípicos e indicación del valor atípico mínimo (en s).....	101
Tabla 14.	Resultados estadísticos descriptivos de cada grupo en MTR (en s).....	102
Tabla 15.	Número de valores atípicos e indicación del valor atípico mínimo en los datos registrados del ReacTime® (en s).....	104
Tabla 16.	Resultados estadísticos descriptivos de cada grupo en TR (en s) y diferencias de los estímulos entre grupos según tengan o no discapacidad.....	105
Tabla 17.	Resultados estadísticos descriptivos de cada grupo en t10m (en s) y diferencias de los estímulos entre grupos según tengan o no discapacidad.....	105
Tabla 18.	Resultados estadísticos descriptivos de cada grupo en t20m (en s) y diferencias de los estímulos entre grupos según tengan o no discapacidad.....	106
Tabla 19.	Resultados estadísticos descriptivos en relación al TR (en ms) según grupo y situación experimental, VDA (situación experimental 2) y VsDA (situación experimental 4).....	106
Tabla 20.	Resultados del cuestionario de evaluación – satisfacción de los VDA participantes en el estudio.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Esquema sobre el fraccionamiento del tiempo de respuesta.....	7
Figura 2.	Fraccionamiento de la parte premotora del TR.....	8
Figura 3.	Fraccionamiento del tiempo de respuesta y del TR.....	9
Figura 4.	Señal aferente y eferente.....	23
Figura 5.	Estructura de la señal aferente.....	24
Figura 6.	Estructura de la señal eferente.....	24
Figura 7.	Proceso de transducción.....	26
Figura 8.	Esquema de una sinapsis interneuronal.....	29
Figura 9.	Esquema de las capas de retina.....	32
Figura 10.	Vía visual.....	33
Figura 11.	Transmisión neuronal de la vía auditiva.....	37
Figura 12.	Antiguos Juegos de Olimpia: reconstrucción histórica. Atletas momentos antes de iniciar la prueba del estadio 192'27m (estadiodromos).....	47
Figura 13.	Salida utilizada a lo largo del siglo XIX.....	48
Figura 14.	Juegos Olímpicos de Atenas 1896. Final 100m. En la calle 4 el norteamericano Thomas Burke.....	49
Figura 15.	Salida de velocidad en el Gran Prix Ravault, Paris 1902.....	49
Figura 16.	Jesse Owens en los Juegos Olímpicos de Berlín 1936.....	50
Figura 17.	Posición “A los puestos”.....	54
Figura 18.	Posición “Listos”.....	55
Figura 19.	Fase de “Puesta en acción”.....	56
Figura 20.	Registro de TR en software de ReacTime Lynx System Developers, Inc.®.....	71
Figura 21.	Ejemplo de adaptaciones visuales para deportistas sordos.....	73
Figura 22.	Medidor de TR.....	85
Figura 23.	Tacos de salida y ReacTime®.....	86
Figura 24.	Dispositivo luminoso.....	87
Figura 25.	Dispositivo luminoso conectado a los tacos de salida.....	88
Figura 26.	Células fotoeléctricas.....	88
Figura 27.	Situación experimental 1 con el MTR.....	92
Figura 28.	Situación experimental 2 ante un estímulo visual.....	93
Figura 29.	Situación experimental 3 ante otro estímulo visual colocado a 5 metros de los tacos de salida	94
Figura 30.	Situación experimental 4 ante un estímulo auditivo.....	95
Figura 31.	Situación experimental de un VDA ante un estímulo auditivo.....	96

Figura 32.	Resultados estadísticos de cada grupo en diagrama de cajas.....	103
Figura 33.	Gráfica de los valores de TR para cada una de las muestras (VDA y VsDA) en función de la situación experimental dada.....	107
Figura 34.	Gráfica de los valores de t10m para cada una de las muestras (VDA y VsDA) en función de la situación experimental dada.....	108
Figura 35.	Gráfica de los valores de t20m para cada una de las muestras (VDA y VsDA) en función de la situación experimental dada.....	109

RESUMEN

Este trabajo de investigación trata de aportar luz al estudio del tiempo de reacción (TR) en velocistas con y sin discapacidad auditiva desde las Ciencias del Deporte. El planteamiento del presente estudio surgió al cuestionarnos la existencia de las diferencias en cuanto al TR visual y auditivo aplicado a velocistas con y sin discapacidad auditiva, pensando en el desarrollo futuro de competiciones inclusivas entre ambos colectivos. Por ello, este estudio trata de resolver las dificultades que los velocistas con discapacidad se encuentran habitualmente en las competiciones. A priori, los atletas con discapacidad auditiva compiten en inferioridad de condiciones como consecuencia de una salida que no parece la más adecuada para ellos (desde los tacos, han de mirar hacia la pistola del juez o el movimiento de un rival).

El documento se divide en tres partes. En la primera parte se realiza la pertinente revisión del marco teórico y justificación del estudio. La segunda parte se centra en los objetivos de la investigación, el material y el método, donde se muestran los resultados, discusión y conclusiones del estudio realizado, así como las limitaciones del presente trabajo y sus futuras líneas de investigación. La tercera parte corresponde a la bibliografía y la cuarta parte a los anexos.

En la primera parte, presentamos el marco teórico compuesto por cinco capítulos organizan la fundamentación que hemos realizado como revisión sobre los aspectos más destacados del TR, determinado por las características de la tarea y otros factores que influyen en el TR como objeto de nuestro estudio. Después exponemos los principales aspectos estructurales y funcionales del sistema nervioso (SN) relacionados con el TR visual y auditivo. Tras ello se expone la realidad del deporte para personas con discapacidad auditiva, indagando en sus peculiaridades y criterios de elegibilidad que tiene ese colectivo dentro del ámbito deportivo. A continuación abordamos el estudio de

la salida de velocidad en el atletismo, como aspecto clave que va a guiar nuestra investigación, especialmente los parámetros determinantes en la colocación de los tacos de salida para atletas con y sin discapacidad auditiva, la posición de salida y la propia colocación de los estímulos en dicha situación.

Es la segunda parte se desarrolla el trabajo de investigación que tiene como objetivos estudiar los valores de TR visual simple manual, TR en salida de tacos y los tiempos de desplazamiento a los 10m y 20m de velocistas con y sin discapacidad auditiva, así como analizar las posibles diferencias en TR según posición y tipo de estímulo luminoso, respecto a ambos grupos de atletas. Como tercer objetivo de estudio se evalúa cualitativamente, por parte de los propios atletas, el dispositivo luminoso utilizado.

La toma de datos de este estudio se llevó a cabo entre los meses de febrero y mayo del 2014, en el módulo de atletismo del Centro de Alto Rendimiento Joaquín Blume (Madrid), con dos grupos de estudio, uno de 9 velocistas con discapacidad auditiva (VDA), conformando éstos el 60% de toda la población en España, según el número de las licencias de la FEDS en la modalidad de atletismo (velocistas, pruebas de 100 y 200 m.l.), en el momento del estudio, y otro de 13 velocistas sin discapacidad (VsDA) que se presentaron de manera voluntaria con unos mismos criterios de inclusión para ambos grupos. Para la medición y el registro de los datos se utilizaron materiales como hoja de registro, Medidor de Tiempo de Reacción (MTR), tacos de salida, ReacTime®, dispositivo luminoso conectado a los tacos de salida, células fotoeléctricas, ordenador y software del ReacTime, y cámara de video. La metodología utilizada en este estudio fue de tipo correlacional, analizando los resultados del TR simple manual según vía sensitiva (visual y auditiva) entre los dos grupos de VDA y VsDA. También se estudiaron los TR desde la salida de tacos en función de la colocación del dispositivo luminoso (en el suelo y a 5 metros, vía visual) y pistola de salida atlética (vía auditiva) así como el tiempo de desplazamiento a los 10m (t10m) y

20m (t20m) de ambos grupos de velocistas. Finalmente, se desarrolló y llevó a cabo un cuestionario de evaluación por parte de los atletas VDA con el objetivo de conocer el grado de satisfacción después de haber realizado la serie de experimentos con el dispositivo luminoso y adaptado para sistemas de salida en la velocidad atlética. Con el objetivo de comprobar la viabilidad de la metodología descrita y probar en el contexto de análisis real el protocolo experimental, se realizó un estudio piloto con el fin de conocer las posibles diferencias del TR visual desde los tacos de salida en velocistas con discapacidad auditiva, usando para dicha salida un estímulo visual mediante un dispositivo luminoso coordinado con la señal sonora de salida (Soto-Rey, Pérez-Tejero, Rojo-González y Álvarez-Ortiz, 2015).

En cuanto a los procedimientos estadísticos utilizados, con el fin de analizar la distribución de los datos y su normalidad, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, dicha prueba arrojó resultados de normalidad para todas las variables analizadas de las situaciones experimentales EA, EVsuelo y EV5m. Es por ello que en el presente trabajo de investigación se utilizó estadística paramétrica. Como medidas descriptivas, se calcularon el máximo, mínimo, media y la desviación estándar. En relación a las situaciones experimentales, para estudiar las posibles diferencias en las variables estudiadas dentro de cada grupo de velocistas (intragrupo) en la situación experimental 1 (MTR), se empleó una prueba T de Student para muestras independientes. En las situaciones experimentales 2, 3 y 4, para conocer las diferencias entre ambos grupos de velocistas en cada situación, se utilizó igualmente la prueba T para muestras independientes, mientras que un ANOVA simple (con post hoc Bonferroni) se utilizó para analizar las diferencias para cada grupo (VDA y VsDA) por situación experimental. Así mismo, se utilizó un ANOVA de medidas repetidas, donde el tipo de estímulo (situación experimental) fue la variable intra-grupo y el grupo de velocistas participantes (VDA y VsDA) la entre-grupo, realizándose esta prueba para evaluar en

cada situación el TR, t1m0 y t20m y las interacciones entre las variables. Para el tratamiento estadístico fue utilizado el paquete estadístico SPSS 18.0 (Chicago, IL, EEUU). Los niveles de significación fueron establecidos para un $\alpha \leq 0.05$, indicando el valor de p en cada caso.

Uno de los aspectos más relevantes de este trabajo es la medición en diferentes situaciones, con instrumentación distinta y con situaciones experimentales distintas, del TR en velocistas con y sin discapacidad auditiva. Ello supuso el desarrollo de un diseño de investigación que respondió a las necesidades planteadas por los objetivos del estudio, así como el desarrollo de instrumentación específica (Rojo-Lacal, Soto-Rey, Pérez-Tejero y Rojo-González, 2014; Soto-Rey et al., 2015) y distintas situaciones experimentales que reprodujeran las condiciones de práctica y competición real de VsDA y VDA en las pruebas atléticas de velocidad, y más concretamente, en las salidas.

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los estímulos visuales y sonoros medidos con el MTR, siendo menor el TR ante el estímulo visual que ante el sonoro, tanto para los atletas con discapacidad auditiva como para los que no la presentaron (TR visual, $0.195 \text{ s} \pm 0.018$ vs $0.197 \text{ s} \pm 0.022$, $p \leq 0.05$; TR sonoro $0.230 \text{ s} \pm 0.016$ vs $0.237 \text{ s} \pm 0.045$, $p \leq 0.05$). Teniendo en cuenta los resultados según población objeto de estudio y situación experimental, se registraron diferencias significativas entre ambas poblaciones, VDA y VsDA, siendo más rápidos los VDA que VsDA en la situación experimental con el estímulo visual en el suelo (EVsuelo, 0.191 ± 0.025 vs 0.210 ± 0.025 , $p \leq 0.05$, respectivamente) y los VsDA en la situación experimental con el estímulo auditivo (EA, 0.396 ± 0.045 vs 0.174 ± 0.021 , $p \leq 0.05$), aunque sin diferencias entre ambos grupos en la situación experimental con el estímulo visual a 5m de los tacos de salida. Es de destacar que en el TR no hubo diferencias significativas entre EA para VsDA y EVsuelo para VDA. El ANOVA simple registró diferencias significativas

en todas las situaciones experimentales dentro de cada grupo y para todas las variables, por lo que estadísticamente, las situaciones experimentales fueron diferentes entre sí. En relación al de ANOVA medidas repetidas, la prueba de esfericidad se mostró adecuada, existiendo diferencias significativas en las varianzas de los pares de medias: el valor de F indicó que existieron diferencias entre las diferentes situaciones experimentales en cuanto a TR, incluso cuando éstas se relacionaban con el factor discapacidad (factor interacción, $p \leq 0,05$). Por ello, queda patente que las situaciones son distintas entre sí, también teniendo en cuenta la discapacidad. El η^2 (eta al cuadrado, tamaño del efecto, para la interacción) indica que el 91.7% de la variación se deben a las condiciones del estudio, y no al error (indicador de la generalización de los resultados del estudio).

Por otro lado, la evaluación del dispositivo luminoso fue positiva en relación a la iluminación, comodidad de uso, ubicación, color, tamaño, adecuación del dispositivo y del equipamiento necesario para adaptar al sistema de salida. La totalidad de los atletas afirman rotundamente que el dispositivo luminoso favorecería la adaptación al sistema de salida atlética para permitir una competición inclusiva. Asimismo concluyen que el dispositivo luminoso favorecería el rendimiento o mejora de marca en la competición.

La discusión de este estudio presenta justificación de las diferencias demostradas que el tipo de estímulo y su colocación son clave en el TR de esta prueba, por lo que podríamos argumentar la necesidad de contar con dispositivos luminosos para VDA a la hora de competir con VsDA en una misma prueba, inclusiva. El presente trabajo de investigación ha demostrado, aplicando el método científico, que el uso de estos dispositivos, en las condiciones técnicas y experimentales indicadas, permite el uso por parte del VDA, usando su mejor TR visual posible, que se muestra similar (ns) al TR auditivo de VsDA, lo que indica que, para competiciones inclusivas, la salida usando el semáforo (para VDA) y la salida habitual (estímulo sonoro) para VsDA, puede ser una solución equitativa en base a la evidencia demostrada en este estudio. De esta manera, y

como referencia, indicar que la media de los TR de los velocistas en la final de los 100 m.l. en los Juegos Olímpicos de Londres 2012 fue de 0.162 ± 0.015 . De esta manera, creemos que estos parámetros sirven de referencia a técnicos deportivos, atletas y futuros trabajos de investigación.

Las aplicaciones de este trabajo permitirán modificaciones y reflexiones en forma de apoyo al entrenamiento y la competición para el entrenador, o juez de salida en la competición que, creemos, es necesaria para proporcionar a este colectivo una atención adecuada en las salidas, especialmente en situaciones inclusivas de práctica.

SUMMARY

This research aims to study of reaction time (RT) in sprinters with and without hearing impairment from the Sports Science perspective. The approach of this study came asking whether there were differences in the visual and auditory RT applied to sprinters with and without hearing impairment, thinking about the future development of inclusive competition between the two groups. Therefore, this study attempts to resolve the difficulties commonly founded by sprinters with hearing impairments during competitions. A priori, sprinters with hearing impairment would compete in a disadvantage situation as a result of the use of a staring signal not suitable for them (from the blocks, they have to look to the judge's pistol or the movement of an opponent).

The document is divided into three parts. In the first part of the review of relevant theoretical framework and justification of the study is presented. The second part focuses on the research objectives, material and method, where results, discussion and conclusions of the study, as well as the limitations of this study and future research are presented. The third part contains references and the fourth, annexes.

In the first part, we present the theoretical framework consisting of five chapters, organizing the state of the art of RT, determined by the characteristics of the task and other factors that influence the RT as object of our study. Then we present the main structural and functional aspects of the nervous system associated with visual and auditory RT. After that, sport for people with hearing disabilities is presented, investigating its peculiarities and eligibility criteria is that group within the deaf sport. Finally, we discuss the theoretical foundation of the study of start speed in athletics as a key aspect that will guide our research, especially the determining parameters in placing the starting blocks for athletes with and without hearing impairment, the starting position and the actual placement of stimuli in such a situation.

The second part of the research aims to study the values of simple manual visual RT, RT start from blocks and travel times up to 10m and 20m of sprinters with and

without hearing impairment, and to analyze possible differences in RT as position and type of light stimulus with respect to both groups of athletes. The third objective of the study is to assess the pertinence of the lighting device developed and used in the study, in a qualitatively way by athletes themselves.

Data collection for this study was carried out between February and May 2014, in the Athletics module at the High Performance Centre Joaquin Blume (Madrid) with the two study groups: 9 sprinters with hearing impairments (VDA, reaching 60% of the population in Spain, according to the number of licenses for athletics at FEDS: sprint, 100 and 200 m.l., at the time of the study), and another 13 sprinters without disability (VsDA) who voluntarily presented themselves, with same inclusion criteria for both groups. For measuring and data collection materials such as recording sheet, gauge reaction time (MTR), starting blocks, ReacTime®, luminous device connected to the starting blocks, photocells, computer and software ReacTime, and video camera were used. The methodology used in this study was correlational, analyzing the results of simple manual RT according sensory pathway (visual and auditory) between the two groups (VsDA and VDA). Also auditory and visual RT was studied depending the placement of the start light signal (on the ground and 5 meters, visual pathway) and athletic start gun signal (auditory pathway, conventional situation) and travel time up to 10m (t10m) and 20m (t20m) for both groups of sprinters. Finally, we developed and carried out an evaluation questionnaire for VDA athletes in order to determine the degree of satisfaction after completing the series of experiments with lighting device and adapted to start systems in athletic speed. In order to test the feasibility of the methodology described and tested in the context of real analysis of the experimental protocol, a pilot study in order to know the possible differences visual RT from the starting blocks in sprinters with hearing impairments was performed, to said output using a visual stimulus coordinated by a lighting device with sound output signal (Soto-Rey Perez-Tejero, Rojo-González y Álvarez-Ortiz, 2015).

For the statistical procedures, in order to analyze the distribution of the data and their normality, Kolmogorov-Smirnov test was applied, this test yielded normal results for all variables analyzed during EA, EVsuelo and EV5m experimental

situations. Parametric statistics were used in this research. As descriptive measures, the maximum, minimum, mean and standard deviation were calculated. In relation to experimental situations, to study possible differences in the variables studied in each group sprinters (intragroup) in the experimental situation 1 (MTR), a Student t test was used for independent samples. Under the experimental situations 2, 3 and 4, to know the differences between the two groups of sprinters in every situation, the T test for independent samples was used, while a simple ANOVA (with post hoc Bonferroni) was used to analyze differences for each group (VDA and VsDA) by experimental situation. Likewise, a repeated measures ANOVA, where the type of stimulus (experimental situation) was variable intra-group and participants sprinters group (VDA and VsDA) the variable between-group, was performed to assess each situation for RT, t10m and t20m, and also interactions between variables. For the statistical treatment SPSS 18.0 (Chicago, IL, USA) was used. Significance levels were set for $\alpha \leq 0.05$, indicating the value of p in each case.

One of the most important aspects of this work is the measurement of RT in sprinters with and without hearing impairment in different situations, with different instrumentation and different experimental situations. This involved the development of a research design that responded to the needs raised by the study aims and the development of specific instrumentation (Rojo-Lacal, Soto-Rey Perez-Tejero and Rojo-Gonzalez, 2014; Soto-Rey et al., 2015) and different experimental situations to reproduce the conditions of practical and real competition VsDA and VDA in athletic sprints, and more specifically, at the start.

Statistical analysis showed significant differences between the visual and sound stimuli measured by the MTR, with lower RT to the visual stimulus than for sound, both for athletes with hearing disabilities and for those without (visual RT, $0.195 \text{ s} \pm 0.018 \text{ s}$ vs 0.197 ± 0.022 , $p \leq 0.05$; sound RT $0.230 \text{ s} \pm 0.016$ vs $0.237 \text{ s} \pm 0.045$, $p \leq 0.05$). Considering the results according to study population and experimental situation, significant differences between the two populations, VDA and VsDA were found, being faster the VDA than VsDA in the experimental situation with the visual stimulus on the floor (EVsuelo, recorded $0.191 \text{ s} \pm 0.025$ vs $0.210 \text{ s} \pm 0.025$, $p \leq 0.05$, respectively) and

VsDA in the experimental situation with the auditory stimulus (EA, $0.396 \text{ s} \pm 0.045$ vs $0.174 \text{ s} \pm 0.021$, $p \leq 0.05$), but no difference between groups in the experimental situation with the 5m visual stimulus to the starting blocks. It is noteworthy that no significant differences in EA and EVsuelo between VsDA to VDA, respectively, for RT. Simple ANOVA showed significant differences in all experimental situations within each group and for all variables, so statistically, the experimental situations were different. Regarding the repeated measures ANOVA, the sphericity test showed adequate, and there were significant differences in the variances of the pairs of means: the value of F indicated that there were differences between the different experimental situations regarding RT, even when they were related to the disability factor (factor interaction, $p \leq 0.05$). Therefore, it is clear that the situations were different from each other, also taking into account impairment. The η^2 (eta squared, effect size, for interaction) indicates that 91.7% of the variation is due to the conditions of the study, not by error (as indicator of the generalization potential of the study results).

On the other hand, evaluation of the light signal was positively related to lighting, ease of use, location, color, size, alignment device and equipment necessary to adapt the start system. All the athletes claim strongly in favor of the lighting device adaptation system to enable athletic competition inclusive. Also they concluded that light device would enhance performance or would decrease their RT during the competition.

The discussion of this study justify the type of stimulus and the start light positioning as key to the RT performance, so that we could argue the need for lighting devices for VDA when competing against VsDA the same competition, inclusive. This research has demonstrated, applying the scientific method, that the use of these devices, techniques and given experimental conditions, allows the use of the VDA, using his best visual RT, shown similar (ns) auditory RT of VsDA, indicating that for inclusive competitions, the start signal using the light (for VDA) and the usual start (sound stimulus) to VsDA can be an equitable solution based on the evidence shown in this study. Thus, and as a reference, indicate that the average of the RT sprinters in the 100

m. final at the 2012 Summer Olympic Games was $0.162 \text{ s} \pm 0.015$. Thus, we believe that these parameters become a reference to sports coaches, athletes and future research.

Applications of this work will allow modifications and reflections in the form of support for training and competition for the coach, or judge, as we believe is necessary to provide adequate attention to VDA in speed starts, especially in inclusive practice situations.

PARTE I.
MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

Este trabajo de investigación analiza el estudio del tiempo de reacción (TR) en velocistas con y sin discapacidad auditiva desde la perspectiva de las Ciencias del Deporte con el objetivo de aportar luz a este ámbito. Es por ello que este marco teórico que presentamos a continuación, está compuesto por cinco capítulos que intentan organizar la fundamentación que hemos realizado. En el Capítulo 1.1 realizamos una revisión sobre los aspectos más destacados del TR. Éste, como veremos, está determinado por las características de la tarea: intensidad y tipo de estímulo, órgano sensorial estimulado, posición del sujeto, miembro con el que se ejecuta la respuesta, complejidad del movimiento, duración del anteperiodo y otras. Así mismo, existen otros factores relacionados con el TR: la fatiga y el calentamiento, la forma física, las cualidades físicas, la motivación, la personalidad, las patologías, la edad, el sexo, las sustancias administradas, la práctica deportiva, el deporte practicado, la especialidad y otras. Todo ello está expuesto en ese capítulo para tener una valoración inicial de los factores que influyen en el TR como objeto de nuestro estudio.

En el Capítulo 1.2 hemos centrado nuestros esfuerzos en trabajar sobre el sistema nervioso (SN) y su papel en el TR, así como de los principales aspectos estructurales y funcionales del SN en relación al tiempo de reacción. También de la vía auditiva y visual, implicadas en ese trabajo.

En el Capítulo 1.3 aparece reflejado el deporte para personas con discapacidad auditiva, para conocer sus peculiaridades y criterios de elegibilidad que tiene ese colectivo dentro del ámbito deportivo, así como de las instituciones que regulan y promueven en el mismo colectivo.

En el Capítulo 1.4, aborda el estudio de la salida de velocidad en el atletismo, como aspecto teórico que va a guiar nuestra investigación, especialmente los parámetros

determinantes en la colocación de los tacos de salida para atletas con y sin discapacidad auditiva, la posición de salida y la propia colocación de los estímulos en dicha situación.

Finalmente, el último capítulo de la fundamentación teórica, el Capítulo 1.5, exponemos la justificación del estudio.

1.1. TIEMPO DE REACCIÓN

1.1.1. CONCEPTOS SOBRE EL TIEMPO DE REACCIÓN

Tiempo de reacción, velocidad de reacción, latencia de respuesta, respuesta de reacción..., existe una gran cantidad de términos que requieren ser definidos para clarificar los conceptos, ya que no todos los autores los utilizan de manera unívoca, sino que muchas veces son mezclados y mal empleados para referirse al TR. Son numerosos los autores que han definido “tiempo de reacción” con pequeñas diferencias entre ellos (Woodworth y Scholosberg, 1954; Clarke y Glines, 1962, en Martínez, 2003; Drouin y Larivière, 1974; Karpovitch, en Drouin y Larivière, 1974; Bernia, 1981). Entre las definiciones más destacadas encontramos:

- *“El que transcurre desde el inicio de un estímulo elicitor y el inicio de la respuesta del sujeto”* (Roca, 1983, p.16).
- *“La cantidad de tiempo transcurrido desde la aparición de un estímulo hasta la iniciación de la respuesta correspondiente”* (Tudela, 1989, p.18).

Como podemos ver, en base a las anteriores definiciones, podemos definir el TR como un periodo de tiempo que comienza en el inicio del estímulo y termina en el inicio de la respuesta correspondiente a este estímulo. Hay autores que utilizan algunos términos como sinónimos de TR: latencia de respuesta (Woodworth y Scholosberg, 1954; Bernia, 1981; Posner, 2002) y tiempo fisiológico (Donders, 1969, en Tudela, 1989). También se utiliza el término “velocidad de reacción”, como sinónimo de TR,

aunque en otras ocasiones su significado ha tenido connotaciones diferentes. Debemos tener en cuenta que velocidad es la primera derivada del espacio respecto del tiempo. Por ello, no sería correcto hablar de velocidad ya que esta variable se mide en segundos (s) y no en metros por segundo. Sin embargo, cuando algo se debe hacer en el menor tiempo posible se habla de velocidad de conducción de la señal. Si se tiene en cuenta que la señal ha de realizar un recorrido desde el órgano receptor hasta la corteza telencefálica, pasar por distintas áreas. Y después llegar a las áreas motoras que establecerán la respuesta que ha de llegar al segmento medular correspondiente y desde aquí al grupo muscular que se ha de contraer.

Nosotros utilizaremos el término “tiempo de reacción”, objeto de nuestro estudio, para referirnos a una medición y a una cualidad concreta. “Velocidad de reacción” incluye cualquier tipo de respuesta rápida de sujeto como anticipación, interceptación, TR simple, TR electiva o cualquier otra. Debemos matizar que cuando se hable de una cualidad del sujeto, la Velocidad de Reacción (VR) se debe aumentar para mejorar, sin embargo, el TR se debe disminuir para mejorar (Roca, 1983).

1.1.2. TIEMPO DE MOVIMIENTO

Otro concepto a tener en cuenta es el “tiempo de movimiento”, que viene a ser un concepto asociado al TR. Como se puede comprobar en las siguientes definiciones:

- Según Clarke y Glines (1962, en Martínez, 2003, p.19), el Tiempo de Movimiento (TM) se obtiene sustrayendo el TR del tiempo de realización (“*completion time*”).
- Roca (1983) define el TM como “*el tiempo transcurrido entre el inicio de la respuesta motora y el final del desplazamiento solicitado al sujeto*” (p.26).

Debemos señalar que, en todos los casos, las mediciones del presente trabajo de investigación diferencian entre el TR y el TM. Por ello, podríamos definir el TM como

un periodo de tiempo, que comienza en el inicio de la respuesta motora y termina al final de esta respuesta.

1.1.3. TIEMPO DE RESPUESTA

El concepto que designa “tiempo de respuesta” es muy utilizado y está bien definido en la actualidad (Martínez y Sillero, 2014). Sin embargo, lo que no está tan claro es el término que se debe utilizar para denominarlo. Se utilizan: “tiempo de respuesta”, “respuesta de reacción”, “tiempo total”, “tiempo total de respuesta” y otros.

En este trabajo, se ha decidido adoptar el término "tiempo de respuesta" dado que estamos hablando de medir la duración de un periodo de tiempo. La elección concreta del tiempo de respuesta (TR_{Resp}) se debe a que es un término utilizado por autores relevantes en el TR (Leseur, 1989; Nougier, Stein y Azemar, 1990). Otro término que aclara qué variable se está midiendo es el de “tiempo total de respuesta”, más apto para hablar fuera de este contexto tan específico. Este término ha sido ampliamente estudiado en la bibliografía a lo largo del tiempo. Por ejemplo, Clarke y Glines (1962, en Martínez, 2003) llaman "tiempo de realización" (*“completion time”*) a esta variable, afirmando que *“incluye el tiempo de reacción así como el tiempo requerido para completar el movimiento”* (p.21). Drouin y Larivière (1974) dicen que *“el tiempo total está compuesto por la adición del tiempo de reacción y el tiempo de movimiento”* (p.21). Por otro lado, Leseur (1989) llama "tiempo de respuesta" (*“Temps de réponse”*) a esta variable: *“El tiempo de respuesta a la señal de ejecución es igual al tiempo de reacción más el tiempo de movimiento”* (p.48). Finalmente, Roca (1983) utiliza el término "respuesta de reacción", que sería la suma de TR y TM. Para comprender mejor los tres términos vistos hasta ahora vamos a presentar un esquema con la nomenclatura que hemos decidido utilizar en base a los estudios analizados (figura 1).

Figura 1. Esquema sobre el fraccionamiento del tiempo de respuesta (Martínez, 2003, p.22).

De este modo, podemos concluir diciendo que el TResp es la suma del TR y el TM. En otras palabras, es el periodo de tiempo entre la aparición del estímulo y la realización total de la respuesta (Martínez y Sillero, 2014). Serían sinónimos suyos: “tiempo de realización”, “respuesta de reacción”, “tiempo total”, “velocidad de reacción”, “rapidez de los movimientos corporales” y “tiempo total de respuesta” (Roca, 1983).

1.1.4. FASES DEL TIEMPO DE REACCIÓN

Desde que el estímulo tiene lugar hasta que el sujeto efectúa la respuesta solicitada se producen una serie de procesos que muchos autores han intentado descubrir. El uso de instrumentos y técnicas más sofisticadas como la electromiografía (EMG) o la electroencefalografía (EEG) han podido diferenciar algunas de las principales fases que tienen lugar durante la respuesta a un estímulo. Según Wood (1977) estos instrumentos fueron ya utilizados por Monnier en 1949 y por Bates en 1951, identificando fases de codificación retiniana, transmisión cortical y salida espinal.

El instrumento más utilizado para diferenciar las fases del TR es el electromiógrafo, que registra la actividad muscular del músculo estudiado. Este instrumento hace que se pueda dividir el TR en dos: la parte que transcurre hasta que se inicia la actividad muscular y la parte siguiente hasta el inicio de la respuesta. Weiss es

citado por muchos autores como el introductor de este modelo que fragmenta el TR en función de la respuesta electromiográfica. Weiss (1965, en Kroll, 1973) definió *tiempo premotor* como “*periodo de tiempo entre la presentación de un estímulo y la llegada del impulso nervioso eferente al punto motor del músculo responsable de iniciar el movimiento*” (p.82). También definió *tiempo motor* como “*el periodo de tiempo entre la llegada del impulso del nervio eferente y la contracción muscular real, completando la tarea de reacción designada*” (p.82). La relación entre estas dos variables la expresó diciendo que la suma del tiempo premotor y el tiempo motor da lugar al TR total.

Botwinick y Thompson (1966)

diferencian dos partes en el TR: la “fase premotora”, que transcurre desde “*el inicio del estímulo elicitor y el inicio de la respuesta miográfica que informa de la estimulación del músculo*”, y la “fase motora”, “*desde el inicio de la respuesta miográfica hasta el acto de, por ejemplo, apretar el botón que detiene el cronómetro*” (en Roca, 1983, p.17).

Una de las explicaciones más completas de las fases del TR es la de Wood (1977) que, basándose en el modelo de Weiss, utiliza EMG y EEG para diferenciar varias fases en el TR: tiempo de recepción, tiempo de integración opto-motor, tiempo de fluido motor y tiempo motor. A continuación se presenta una figura que hará más comprensible lo anterior (figura 2).

Figura 2. Fraccionamiento de la parte premotora del TR (Wood, 1977, en Roca, 1983, p.19).

Marzilli y Hutcherson (2002) dicen textualmente:

Con el registro de la actividad electromiográfica (EMG) es posible inferir dos componentes del tiempo de reacción global: tiempo premotor (componente cognitivo) y tiempo motor (componente motor). Tiempo premotor es la latencia entre la identificación del impulso y el inicio de la activación del músculo, y el tiempo motor es medido desde la activación inicial del músculo hasta la respuesta visible. El tiempo premotor representa los procesos que intervienen en la identificación del estímulo, selección de la respuesta apropiada y la siguiente programación de la respuesta motriz; mientras que el tiempo motor representa el tiempo requerido para activar los mecanismos que intervienen en la contracción de los músculos periféricos (p.986).

Con lo visto hasta ahora podemos hacer un esquema (figura 3) que sintetice los principales conceptos:

Figura 3. Fraccionamiento del tiempo de respuesta y del TR (Martínez, 2003, p.27).

1.1.5. TIPOS DE TIEMPOS DE REACCIÓN

Como ya hemos visto hasta ahora, el TR no se mide de una sola forma sino que existen diferentes tipos de tareas. Vamos a clasificar estos tipos de TR en categorías. La primera división que podemos hacer es en función de la parte del cuerpo con la que se

produce la respuesta. Nakamura (1934) llamó “tiempo de reacción simple” al que se ejecuta con las manos, y “tiempo de reacción corporal” al que se realiza con todo el cuerpo. Esta nomenclatura fue utilizada en nuestro país por Roca (1983), que diferencia entre TR simple (las extremidades superiores) y TR de todo el cuerpo (en las extremidades inferiores), participando todo el cuerpo. La nomenclatura de Clarke y Glines (1962, en Martínez, 2003) es diferente, distinguiendo entre *manual* (“*arm*”), si el movimiento se realiza con las manos, y *corporal* (“*total body*”), si el movimiento requiere un desplazamiento.

Otro criterio de clasificación del TR puede ser la modalidad sensorial utilizada para percibir el estímulo. Podemos distinguir entre: visual, auditivo, táctil, al movimiento (si es un movimiento el que estimula el tacto y los sensores cinestésicos) y así con cada modo de estimulación o tipo de estímulo (Roca, 1983).

Hay autores que hacen su propia definición para los propósitos de su estudio, utilizando los criterios que hemos visto. Así, *“el tiempo de reacción ojo-mano y ojo-pie son considerados como el tiempo que transcurre entre la aplicación de un estímulo visual y la reacción a él mediante el movimiento de la mano o el pie respectivamente”* Sigerseth y York (1954, en Martínez, 2003, p.28). Una de las formas de clasificación más habituales es en función del número de alternativas o número de asociaciones estímulo-respuesta. En el trabajo clásico de Woodworth y Scholosberg (1954, p.8) llaman “reacción simple” a la que presenta un estímulo uniforme y requiere una respuesta también uniforme. El sujeto *“sabe por adelantado el estímulo que llegará y también la respuesta que debe dar”*.

El “tiempo de reacción electiva” para Roca (1983, p.34-35) hace referencia a dos tipos de estudios: sobre discriminación, relacionado con los umbrales, y sobre elección, que corresponden a las situaciones “b” y “c” de Donders (1969, en Tudela, 1989). Las tres situaciones que Donders describió son definidas y nombradas por Tudela, siendo

utilizada estas tres situaciones en la actualidad: la tarea tipo A o “tiempo de reacción simple” (en la que el sujeto tiene que responder ante un único estímulo); las tarea tipo B o “tiempo de reacción de elección” (donde uno de los dos o más estímulos posibles es presentado y el sujeto debe responder adecuadamente a cada uno de ellos) y la tarea tipo C o “tiempo de reacción selectivo” (igual a la tarea B excepto que el sujeto solo tiene que responder a uno de los estímulos; Tudela, 1989, p.19).

Para Schmidt (1982, en Roosen, Compton y Szabo. 1999, p. 49) define: “*Tiempo de Reacción Electiva es el intervalo más corto necesario para responder a un estímulo, que se presenta como una alternativa entre varios estímulos*”. Analizando el resto del trabajo de Schmidt (1982) y Roosen et al. (1999) podemos comprobar que en su TR electiva se incluye una gran cantidad de movimiento, por lo cual según la nomenclatura utilizada le denominaremos “tiempo de respuesta”.

Cuando se hable de “tiempo de reacción” se le pondrán dos “apellidos”: uno en función de si la respuesta se ejecuta con los pies, “tiempo de reacción corporal”, o con las manos, “tiempo de reacción manual”, y otro en función del número de alternativas o asociaciones estímulo-respuesta posibles, si es una se llamará “tiempo de reacción simple” y si son más de una “tiempo de reacción electiva” (Martínez, 2003). La tabla siguiente muestra un resumen de lo anteriormente explicado (tabla 1).

Tabla 1. Clasificación del TR en función del número de alternativas y la extremidad con que se efectúa la respuesta (Martínez, 2003, p. 30).

		Numero de alternativas	
		Una	Varias
Extremidad con la que se ejecuta la respuesta	Mano	Tiempo de Reacción Simple Manual (TRSM)	Tiempo de Reacción Electiva Manual (TREM)
	Pie	Tiempo de Reacción Simple Corporal (TRSC)	Tiempo de Reacción Electiva Corporal (TREC)

1.1.6. ANTICIPACIÓN E INTERCEPCIÓN

Estos conceptos designan dos tipos de tareas que no son exactamente TR pero que están muy relacionadas con éste, siendo a veces conceptos complementarios. Por ello, vamos a tratarlas a continuación para conocer su significado. El término “anticipación” puede designar a varios conceptos diferentes en función del contexto en el que se utilice:

- a) El significado más difundido es el que se utiliza en el lenguaje cotidiano, en los estudios de Comportamiento Motor y en las Ciencias del Deporte en general. Se llama “anticipación” a la emisión de una respuesta a un determinado estímulo antes de que éste tenga lugar (Martínez, 2003; Pinillos, 2010).
- b) En los laboratorios de reaccimetría (medición del TR) las situaciones de anticipación son similares a las de TR excepto en que *“el anteperiodo se mantiene constante”*, siendo ésta una situación cualitativamente diferente a la de TR (Roca, 1983, p.43-44). Para Roca (1983), si a la señal de “preparados” le sigue siempre un intervalo de dos s, lo importante no será la reacción en sí sino intuir el momento en que el estímulo aparecerá, y ejecutar la respuesta en ese momento o un poco posteriormente.
- c) En un experimento de TR se denomina “anticipación” a un TR excesivamente bajo, más allá de lo que se supone que es posible. También es llamado “reacción prematura”. Por ejemplo, si un sujeto responde en menos de diez milisegundos puede ser considerado como anticipación. Estas anticipaciones tiene lugar fundamentalmente en las tareas de TR simple, cuando el sujeto sabe las respuestas que debe efectuar y la realiza antes de tiempo. Por lo general se contabiliza como un error (Martínez, 2003).

d) En algunos deportes como los de combate, el término “anticipación” es equiparable a lo que en otros deportes, como la esgrima, se llama “contraataque”. Designa a una acción ofensiva que se ejecuta cuando el adversario ha iniciado un ataque o una acción previa al ataque como desplazamientos, fintas u otras (Martínez, 2003).

En nuestro trabajo nos guiaremos por el primer significado (a) y segundo significado (b) dado que es el más general y difundido. Según Sage (1977), el promedio del TR auditivo más rápido se mueve alrededor de los 170 milésimas de segundo (ms) y por tanto, las latencias por debajo de este valor en cualquier modalidad sensorial pueden considerarse anticipatorias. Sin embargo, estudios más recientes y que fundamentan, por ejemplo, las salidas en atletismo de alto nivel, indican que dicho tiempo de latencia ha de ser de 100 ms (International Association of Athletics Federations [IAAF], 2011) o incluso menores (Pain y Hibbs, 2007; Fernández, 2010).

La “anticipación coincidente o intercepción” se distingue porque el estímulo elicitor no aparece de golpe sino que es un “estímulo móvil”. Distingue intercepción de rastreo (“*track*”) porque este último requiere una respuesta continua por parte del sujeto (Roca, 1983, p.45). Este concepto es llamado simplemente “anticipación” por Thomas, Gallagher y Purvis (1981).

Así, podemos distinguir entre TR e intercepción en función del tipo de estímulo que aparece. En el TR el estímulo es discreto, es decir, aparece de golpe en un solo momento, como ocurre cuando se enciende una bombilla. Sin embargo, en la intercepción el estímulo es continuo, por ejemplo la trayectoria de un balón o una sucesión de bombillas que se van encendiendo dando la sensación de que la luz se aproxima hacia nosotros.

1.1.7. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TIEMPO DE REACCIÓN

En el TR influyen varios factores y circunstancias que las agruparemos en características de la tarea a realizar, características físicas y psicológicas del sujeto, y otras características del sujeto.

1.1.7.1. Externos al sujeto (extrínsecos)

- a) Características del estímulo: resulta lógico pensar que el tipo de estímulo que se le presente al sujeto hará que su reacción sea más o menos lenta. La cantidad de características del estímulo que pueden afectar al TR en mayor o menor medida es innumerable, podríamos pensar que influirá la intensidad, el tamaño del objeto, la distancia a la que se sitúa, la familiaridad de la estimulación, etc. El órgano sensorial que es estimulado también hace que varíe el TR de un mismo sujeto. Sage (1977) ordenó los órganos de los sentidos en función de la rapidez de sus reacciones: audición, tacto, visión, nocicepción, gusto y olfato midiendo la respuesta motora ante el estímulo.

Roca (1983, en Sampedro, 1999, p.50) comprobó que, en caso de un estímulo auditivo, el impulso era captado en el contexto cerebral al cabo de 8-9 ms, mientras con un estímulo visual se tardaba de 20 a 30 ms. Para Cardinali (2007), en condiciones óptimas de atención, existen más de 200 ms de latencia ante un estímulo sensorial que desencadena una respuesta motora. Este tiempo es más largo para los estímulos visuales que para los auditivos o propioceptivos, debido al mayor número de sinapsis en la vía visual.

- b) La posición inicial: se refiere a la postura que el sujeto debe adoptar mientras espera la llegada del estímulo, o lo que es lo mismo, la posición desde la que parte para ejecutar la respuesta (Bressler, 1990; Un y Erbahceci, 2001; Pérez-Tejero, Soto-Rey y Rojo-González, 2011; Soto, Pérez, y Rojo, 2011).

- c) Miembro con el que se realiza la respuesta: la respuesta puede ser realizada con cualquier parte del cuerpo, sin embargo, la mayor parte de los estudios nos hablan de respuestas manuales (Pérez-Tejero et al., 2011; Soto et al., 2011).

La comparación más habitual se ha realizado entre mano y pie, o dicho de otra manera, entre el TR manual y el TR corporal (Eikenberry, McAuliffe, Welsh, Zerpa, McPherson y Newhouse, 2008; Gursoy, 2010; Skurvidas, Mickevichiene, Cesnavichiene, Gutnik y Nash, 2012).

- d) La complejidad del movimiento: Roca (1983) señala que se ha estudiado la complejidad de la respuesta, junto con la familiaridad y la práctica en las ejecuciones, aunque no cita los trabajos en los que se producen estos resultados. Afirma que el TR aumenta al ser mayor la complejidad de la respuesta o al ser ésta más desconocida.

- e) El anteperiodo: según Henry y Rogers (1960), es un intervalo de disponibilidad durante el cual el sujeto está atento esperando al estímulo que causa la reacción. Mientras que Roca (1983) lo define como el periodo entre la señal de alerta y el estímulo. Es otra de las condiciones de la medición que ha sido estudiada. Así, Nakamura (1934) estableció en torno a 1.5 s el anteperiodo óptimo, en el que se producen los TR más rápidos debido a que antes de este instante la atención todavía no está focalizada y a que posteriormente ésta va disminuyendo. Su medición utilizaba anteperiodos de 1, 1.5 ó 2 s.

- f) Influencia del color en el estímulo: es sabido que los colores tienen una gran importancia en distintos ámbitos de la vida, uno de ellos es el deportivo. Por ello, es fundamental determinar que color tiene el estímulo para así distinguir con mayor facilidad, en este caso, enfocado a la influencia en el deporte (García, Tavera y Liras, 2004).

Una vez presentados los numerosos factores que pueden afectar al TR, podemos afirmar que el TR no es una cualidad única del sujeto que se pueda determinar, como la altura o el peso, ya que depende de la tarea que se utilice para medirla. Diremos entonces que un sujeto tiene un TR en una tarea concreta. Henry y Rogers (1960) abogan por la especificidad del TR en función de la tarea. Estos datos concuerdan con los de Clarke y Glines (1962, en Martínez, 2003) que encontraron una baja relación, aunque significativa, entre diferentes medidas del TR. De este modo, un sujeto no se puede caracterizar por un único TR sino que depende de la tarea utilizada para medirlo.

1.1.7.2. Propias del sujeto (intrínsecos)

- a) La fatiga y calentamiento: según Roca (1983), la fatiga y el calentamiento son dos variables que influyen principalmente sobre el estado fisiológico del sujeto y que han sido estudiadas en relación al TR.
- b) El estado de forma física: para Roca (1983), la condición física es otra cualidad en que influye el TR. Lo que ha sido confirmado por otros autores como García, Martín y Nieto (1994) y Orellana (2009).

1.1.7.3. Características psicológicas del sujeto

- a) La motivación: la motivación hace que se mejore la ejecución en pruebas de TR; estos resultados pueden deberse a una mejora paralela en la atención, en la activación y en el interés por la tarea en general. Los resultados de varios estudios sobre deportistas frente a no deportistas en el TR no son unánimes (Nougier et al., 1990; Pérez-Tejero et al., 2011; Soto et al., 2011; Soto-Rey, Pérez-Tejero, Rojo-González, y Reina, 2014). La ventaja que tienen los deportistas podría deberse a una mayor motivación por la tarea. Así, y según Roca (1983) los datos no nos permiten decantarnos por una u otra posición, no podemos afirmar que los deportistas tengan

mejores TR que los sujetos sedentarios. Este aspecto es tenido en cuenta y estudiado en el presente trabajo de investigación.

- b) Rasgos de la personalidad y patologías: se han estudiado algunos rasgos de la personalidad y patologías del sujeto en relación con sus resultados en las pruebas de TR. En personalidad, los estudios sobre introversión-extroversión han sido numerosos. En cuanto a las patologías se ha visto que por lo general el TR es mayor cuando existen anomalías (Roca, 1983). Uno de los rasgos de la personalidad más estudiados en relación al TR ha sido la ansiedad. La ansiedad es un rasgo que puede definirse como una característica de la personalidad, y se diferencia de la ansiedad-estado, que define una característica del individuo en un momento concreto (Roca, 1983).

1.1.7.4. Otras características del sujeto

- a) Sexo y edad: el sexo y la edad no son solamente variables biológicas sino que llevan asociadas unas características sociales y una historia personal diferente. Todos sabemos que los hombres y las mujeres se diferencian en sus hábitos, en el tipo de juegos que realizan y en otras características que pueden afectar al TR. De todos modos se deben tener en cuenta estas características a la hora de hacer comparaciones entre grupos. Según Henry y Rogers (1960) encontraron diferencias entre chicos y chicas a favor de ellos y entre chicos de 12 años y chicos de 14, siendo los segundos más rápidos, con TR similares a los adultos. Matizando a qué se debe este cambio con la edad encontramos el trabajo de Goodenough (1935, en Roca, 1983) que estudió el porcentaje de *respuestas lentas* que producían los sujetos en función de su edad. Con una tarea de TR simple con un estímulo acústico, pudo comprobar que la mejora del TR con la edad se debía en gran parte a que, por lo

general, los sujetos de mayor edad producían menor proporción de respuestas lentas: de más de 0.5 s, uno o dos s (Roca, 1983).

- b) Sustancias administradas: también podemos intuir que determinadas sustancias administradas en el sujeto puedan afectar a su TR. Sobre todo, son candidatas aquellas sustancias que tienen su efecto sobre el SN: alcohol, cafeína, nicotina y otras.
- c) Deporte practicado y especialidad: han sido habituales las comparaciones establecidas entre los TR obtenidos por deportistas de diferentes modalidades y especialidades. Estos estudios son muy válidos para poder determinar la importancia relativa que tiene esta variable para cada deporte (Roca, 1983). Plou (1991, en García et al., 1994) estableció una tabla de importancia del TR según diferentes deportes. Por un lado, Alves (1985), registró tiempos de reacción simple y de elección menores en practicantes de modalidades colectivas (balonmano, fútbol y rugby) con respecto a atletas de deportes individuales (remo y judo). Por otro lado, Tavares (1993, en Duarte, Costa Pereira y Moura e Castro., 2003), registró valores contrarios al comparar practicantes de baloncesto, voleibol, gimnasia y atletismo, al igual que Roca (1983), quienes registraron TR más cortos en practicantes de atletismo que en los de fútbol y voleibol, si bien las diferencias estadísticas no llegaron a ser significativas.

Las salidas en las pruebas de velocidad que se dan en los deportes individuales como el atletismo o la natación son el ejemplo más claro de TR en el deporte. Ésta es una situación típica del TR simple en la que hay un estímulo, normalmente acústico -como el disparo de una pistola- y una respuesta que consiste en iniciar la carrera (Henry, 1952). Casi todos los movimientos rápidos que se requieren en el deporte conllevan una reacción; por eso el TR es una parte y un componente de la velocidad. Pensemos en una salida de 100 metros lisos (m.l.), la

recepción de un balón en voleibol, y otros muchos. En estos movimientos rápidos el TR es una fase que tiene una duración, y que puede hacer que se llegue tarde al objetivo. Por ello, se ha estudiado el TR en la mayoría de los trabajos que tratan sobre la velocidad en profundidad; sobre todo en la teoría del entrenamiento deportivo, en estudios más próximos a la fisiología. Es en estos trabajos sobre el entrenamiento deportivo donde más se ha utilizado el término VR en lugar de TR (Fernández, 2010).

- d) El nivel deportivo: la relación entre el TR y el nivel deportivo es una cuestión de suma importancia ya que debemos saber si esta medida nos sirve para predecir el éxito deportivo en una especialidad concreta. Se debe abordar este tema dentro de cada deporte y cada especialidad, existiendo diferentes conclusiones en función del deporte. Westerlund y Tuttle (1931, en Martínez, 2003, p.56) estudiaron esta relación encontrando que los sujetos de alto rendimiento deportivo en atletismo tenían TR más cortos que atletas de distancia corta, media y larga que no eran campeones nacionales. Las conclusiones de Keller (1942, en Martínez, 2003, p.56) van en la misma dirección, los deportistas con éxito deportivo tienen menor TR corporal. En esgrima, Nougier et al. (1990), utilizaron una tarea general, no específica de esgrima, para comparar expertos y novatos, siendo los primeros mejores en todas las tareas. Por otro lado, McLeod y Jenkins (1991, en Duarte et al., 2003), mostraron el efecto de la práctica deportiva como factor determinante en la reducción del TR en atletas versus no atletas. También indicamos a Whiting (1979, en Duarte et al., 2003) y a Alves (1985) que señalaron la influencia del entrenamiento deportivo en el TR, resultando las mejoras de centésimas o incluso décimas de s. Según García et al. (1994), los especialistas en visión deportiva asumen que los deportistas tienen mejores habilidades visuales que los no deportistas, y los buenos deportistas mejores que los deportistas con peores

resultados. También que las habilidades visuales son entrenables y que pueden mejorar el rendimiento deportivo.

1.1.8. PERCEPCIÓN CONSCIENTE Y TIEMPO DE REACCIÓN

Según varios experimentos realizados (Martínez, 2003), para que una percepción sea consciente es requerido cierto tiempo. Aunque es difícil determinar cuál es el tiempo necesario para un episodio de consciencia visual. Lo que el psicólogo Robert Efron demostró experimentalmente es que las señales que se reciben muy próximas en el tiempo eran tratadas por el cerebro como simultáneas. El experimento fue el siguiente: se encendía durante 20 ms un disco de luz roja e inmediatamente después se encendía en el mismo sitio un disco de luz verde en el tiempo también de 20 ms. El sujeto refería haber visto una luz amarilla en vez de una luz roja seguida de una verde. Esta luz amarilla hubiera sido igualmente percibida si la luz roja y la luz verde se hubieran mostrado a la vez. Tras experimentos de este tipo Robert Efron llegó a la conclusión de que el periodo del procesamiento de la percepción es del orden de las 60 a las 70 ms (García et al., 2004). Relacionado con el experimento anteriormente mencionado, se obtiene que para que los 2 discos de colores se percibieran por separado la duración de la proyección de cada color debería ser mayor a 60-70 ms. Por tanto, de todo esto se concluye que el cerebro necesita un periodo mínimo de exposición del estímulo visual de 60-70 ms para poder así interpretarlo.

1.2. SISTEMA NERVIOSO Y SU PAPEL EN EL TIEMPO DE REACCIÓN

1.2.1. PRINCIPALES ASPECTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES DEL SISTEMA NERVIOSO EN RELACIÓN AL TIEMPO DE REACCIÓN

El SN es el encargado de regular las funciones orgánicas y establecer las relaciones con el entorno y controla nuestro organismo. Para realizar estas funciones recoge información sensitiva de todo el organismo y transmite esta información a través de los nervios a la medula espinal y el encéfalo, éstos, a su vez, responden de inmediato a esta información sensitiva enviando señales a los músculos, respuesta motora o a los órganos internos del cuerpo para obtener respuesta, denominada vegetativa.

Realizando también una función integradora, que incluye los procesos de memoria y pensamiento. La información que percibe el cuerpo es en forma de estímulo, los cuales se dividen en tres tipos:

1. Estímulos exteroceptivos: vienen del exterior (visual, táctil...).
2. Estímulos propioceptivos: es la interpretación de nuestro cuerpo respecto al mundo exterior (posición de las articulaciones, grados de contracción muscular...).
3. Estímulos interoceptivos: vienen del interior (presión arterial, temperatura, niveles de glucemia...).

1.2.2. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA NERVIOSO

En el SN se distinguen dos partes: Sistema Nervioso Central (SNC) y Sistema Nervioso Periférico (SNP). El SNC se encuentra dentro de una estructura ósea y se divide en encéfalo, parte que se sitúa dentro de la cavidad craneal y es la principal área integradora del SN, y la médula, parte que se sitúa dentro del canal vertebral que desempeña dos funciones: como conducto para muchas vías nerviosas que van y vienen

del encéfalo, y como área integradora para muchas actividades nerviosas subconscientes. El SNP no se encuentra protegido por el sistema esquelético y se trata de una red ramificada de nervios tan extensa que difícilmente un solo milímetro cubico de cualquier parte del cuerpo carezca de fibras nerviosas. Estas fibras pertenecen a dos tipos funcionales: fibras aferentes, para la transmisión de la información sensitiva a la medula espinal y el encéfalo, y fibras eferentes, para transmitir las señales motoras que se dirigirán hacia la musculatura estriada, y vegetativas que se encargan de regular los órganos internos desde el SNC hasta la periferia. El SNP se sitúa fuera de las estructuras óseas y está constituida por los denominados nervios, que pueden ser motores sensitivos, vegetativos o mixtos, por ganglios y por los receptores. El SN vegetativo se subdivide en SN simpático y SN parasimpático, y se encarga de regular el medio interno estableciendo las respuestas viscerales.

El SN está constituido por un conjunto de células que responden a dos tipos diferentes: neuronas y células de glía. Las neuronas son células diferenciadas, propias y exclusivas del SN. Son capaces de modificar su potencial de reposo y de transmitir dicha modificación, ya que, son excitables (Purves, Augustine, Fitzpatrick, Hall, Lamantia, Mcnamara y Williams, 2007).

El SNC está compuesto por más de 100.000 millones de neuronas. El estímulo es transformado por las células receptoras de forma que la energía, del tipo que sea, la convierten en energía eléctrica. Esta información aferente es transmitida a las células a través de sinapsis sobre las dendritas neuronales o el cuerpo celular; en las fibras aferentes pueden existir solo algunos cientos o hasta 200.000 de estas conexiones sinápticas. Por otra parte, la señal eferente celular viaja a lo largo de un único axón, pero éste emite muchas ramas separadas a diferentes neuronas o distintos puntos de la misma neurona (Purves et al., 2007) (figura 4).

Figura 4. Señal aferente y eferente (Gress, 2009).

La terminación presináptica descansa sobre la superficie de la membrana de una dendrita o del cuerpo celular de otra neurona; se tiene así un punto de contacto, denominado “sinapsis”, a través del cual se pueden transmitir las señales de una neurona a la siguiente. Cuando la terminación presináptica es estimulada libera una pequeña cantidad de una sustancia química denominada “neurotransmisor” en el espacio formado entre la terminación y la membrana neuronal, y a continuación el neurotransmisor provoca la modificación del potencial en la membrana postsináptica (Guyton, 1997). La mayor parte de las actividades del SN son iniciadas por una experiencia sensitiva que emana de receptores sensitivos, ya sean visuales, auditivos, táctiles, gustativos, olfativos, propioceptivos o interoceptores. Esta experiencia sensitiva puede provocar una reacción inmediata o retardada provocando una respuesta pasados milisegundos, minutos (min), semanas o años. El papel final más importante del SN es gobernar las distintas actividades corporales a través de las funciones siguientes:

- Contracción de los músculos esqueléticos de todo el cuerpo.
- Contracción del musculo liso en los órganos internos.
- Secreción de las glándulas exocrinas y endocrinas en muchas partes del organismo.

Los músculos y las glándulas son los efectores que llevan a cabo las funciones dictadas por las señales nerviosas.

Figura 5. Estructura de la señal aferente (Guyton, 1997, p.98).

Figura 6. Estructura de la señal eferente (Guyton, 1997, p.99).

El SN va a establecer un control sobre cada uno de los músculos del organismo de forma individual y como grupo muscular. Este control se realiza desde cada una de las siguientes partes del SN de forma que la porción más craneal modifica la respuesta de las estructuras más caudales (Bear, Connors y Paradiso, 1999). De esta forma la corteza telencefálica va a modificar cualquier respuesta que se haya establecido a otro nivel. Los niveles de control son: corteza motora, núcleos basales y cerebelo, sustancia reticular y sistema vestibular, y médula espinal.

Cada una de estas áreas desempeña su propio papel específico en el control de los movimientos corporales. La principal función del SN es procesar la información que le llega, de forma tal que tengan lugar las respuestas motoras apropiadas. Más del 99% de toda la información sensitiva es descartada por el encéfalo como irrelevante y sin importancia. Después que la información sensitiva de importancia ha sido seleccionada

se canaliza hacia regiones motoras adecuadas del encéfalo, para producir las respuestas adecuadas. Esta canalización de la información es la función integradora del SN (Guyton, 1997).

1.2.3. GENERACIÓN Y CONDUCCIÓN DE POTENCIALES EN EL SISTEMA NERVIOSO

La transmisión de señales nerviosas es la función básica del SN. Sin embargo, para comprenderla debemos estar familiarizados con la biofísica de la célula nerviosa, en especial con la transducción y el transporte de la señal a través de la membrana neuronal, el desarrollo de los potenciales generador y de acción. También los factores que influyen en que la conducción sea más rápida o más lenta.

El potencial de membrana en reposo de las neuronas tiene un valor aproximado de -70 milivoltios (mV). Sin embargo, este valor no es constante en todas las neuronas, pudiéndose presentar, también, pequeñas variaciones en la misma célula.

Los “receptores” son células especializadas en modificar su potencial de reposo como consecuencia de la acción de un elemento externo. Se sitúan en zonas periféricas y son capaces de transformar cualquier tipo de energía en energía eléctrica. Cuando un estímulo actúa sobre la membrana del receptor, provoca una modificación de tipo químico en esa célula, que suele llevar consigo la liberación de una sustancia denominada “transductor”. Éste provoca unas modificaciones en los canales de la membrana, es decir, de estar cerrados pasa a estar abiertos o viceversa, la cual supone una modificación en la conductancia de iones. Esto lleva a su vez, a una modificación del potencial de membrana. A este proceso se denomina “transducción”, el cual, culmina la formación del potencial generador (figura 7).

Figura 7. Proceso de transducción.

El potencial de acción es el cambio instantáneo de un potencial de membrana, como consecuencia de la acción de un estímulo (mecánico, químico o térmico), que transitoriamente altera la permeabilidad de la membrana axonal para los diferentes iones. La relación del potencial receptor con los potenciales de acción se da cuando el potencial receptor se eleva por encima del umbral, es decir, la modificación más pequeña de potencial para permitir que se produzca el potencial de acción (Purves et al., 2007), siendo necesario para que el estímulo produzca una modificación sobre la membrana, con una amplitud mínima de aproximadamente 15mV.

Finalmente, la velocidad de conducción del potencial de acción en los axones va a depender del diámetro del axón y el espesor de las capas de mielina. En el SNC algunos axones están cubiertos por unas células de glía, oligodendrocitos, que van a sintetizar mielina que es una proteína aislante. Los oligodendrocitos rodean al axón formando una funda o vaina con la que se alterna membrana y mielina dejando esa zona del axón aislado. Esta función la cumplen las células de Schwann en el SNP. La velocidad de conducción en las fibras nerviosas varía desde 0,5 m/s en las fibras amielínicas muy pequeñas hasta 120 m/s en las fibras mielínicas muy grandes (Kandel,

Schwartz y Jessell, 2001; Purves et al., 2007). Esto ha permitido clasificar los axones de las neuronas en función de su velocidad de conducción:

a) Fibras A: axones gruesos mielinizado. Se divide en 4 tipos:

- A α (alfa): localizadas en las motoneuronas α , y en las fibras del huso muscular y en el órgano tendinoso de Golgi. Son las más gruesas y están mielinizadas. Su velocidad es de 70-120 m/s. Responsables de la propiocepción.
- A β (beta): localizadas en vías sensitivas aferentes, concretamente en las fibras secundarias del huso muscular y las células que transmiten el tacto y la presión. Su velocidad es de 30-70 m/s.
- A γ (gamma): localizadas en motoneuronas γ . Su velocidad es de 15-30 m/s. Responsables de la transmisión motriz a los husos musculares.
- A δ (delta): las encontramos en las vías sensitivas que transmiten el dolor, la temperatura y el tacto. Su velocidad es de 12-30 m/s.

b) Fibras B: localizadas en las fibras de componente simpático preganglionares. Son muy finas y están poco mielinizadas. Su velocidad es de 3 m/s.

c) Fibras C: son las más finas y no están mielinizadas. Se encuentran en las fibras eferentes vegetativas de componente simpático postganglionares. Son sensitivas, ya que, transmiten el dolor intenso. Transmiten a una velocidad de 0.5-2 m/s.

Los potenciales de acción se propagan más rápido en axones de mayor diámetro, si los demás parámetros se mantienen. La principal razón para que ocurra es que la resistencia axial de la luz del axón es menor cuanto mayor sea el diámetro, debido a la mayor relación entre superficie total y superficie de membrana en un corte transversal (resistividad = ρ).

$$\rho = R \frac{S}{l}$$

En los axones mielinizados se produce la “conducción saltatoria” que es una conducción en la cual, la velocidad aumenta y el gasto energético disminuye, debido a que el axón está mielinizado. La conducción saltatoria es valiosa por dos razones. Primero, porque al hacer que el proceso de despolarización salte largos intervalos a lo largo del eje de la fibra, aumentando la velocidad de transmisión nerviosa en las fibras mielinicas de 5 a 50 veces. Segundo, la conducción saltatoria conserva energía para el axón, ya que solo se despolarizan los nodos, lo que permite quizás una pérdida de iones 100 veces menor que sería necesaria de otro modo y en consecuencia, requiere, poco metabolismo adicional para restablecer las diferencias de concentración del sodio y el potasio a través de la membrana después de una serie de impulsos nerviosos (Guyton, 1997).

1.2.4. SINAPSIS DEL SISTEMA NERVIOSO CENTRAL

La “sinapsis” es el punto de unión de una neurona con la siguiente. Cabe destacar que las sinapsis determinan las direcciones en que las señales nerviosas se distribuyen en el SN. Algunas sinapsis transmiten señales de una neurona a la siguiente con facilidad y otras con dificultad. Según Guyton (1997), los tipos de sinapsis que hay son:

- Sinapsis química: es la más frecuente. Se caracteriza por la liberación del neurotransmisor que está contenido en las vesículas sinápticas, desde la presinapsis a la postsinapsis, a través de la brecha sináptica. Hay pérdida de tiempo en la transmisión y es unidireccional. En la transmisión de la señal de una neurona a la siguiente neurona se produce un retraso de 0.5 ms.
- Sinapsis eléctrica: esta transmisión presenta a la membrana presináptica y a la postsináptica unidas, por lo que el potencial de acción pasa de una neurona a otra, sin perder tiempo. Es bidireccional.

- Sinapsis mixta: esta sinapsis presenta en una parte del botón sináptico una transmisión de tipo químico, donde ambas membranas se encuentran separadas y otra parte de tipo eléctrico, donde ambas membranas están unidas.

En los axones existen unos terminales denominados botón sináptico, en cuyo interior hay unas vesículas que contienen sustancias químicas, llamadas “neurotransmisores”, las cuales dan la energía suficiente para emitir el impulso. Las mitocondrias proporcionan trifosfato de adenosina (ATP), necesario para sintetizar la nueva sustancia transmisora. Estos neurotransmisores se liberan por la membrana presináptica mediante exocitosis. Una vez allí, los neurotransmisores van a ser atraídos por unos receptores denominados receptores postsinápticos, los cuales son específicos y se sitúan en la membrana postsináptica (Purves et al., 2007; Nachon, 2011) (figura 8). Esta transmisión específica de señales hacia áreas determinadas permite al SN llevar a cabo sus innumerables funciones sensitivas, de control motor, memoria y muchas otras.

Figura 8. Esquema de una sinapsis interneuronal (Nachon, 2011).

En relación a las características especiales de la transmisión sináptica, la fatiga es una característica muy importante de la transmisión sináptica ya que cuando se sobreexcitan áreas del SN la fatiga hace que poco después pierdan su excitabilidad

excesiva. El mecanismo de la fatiga es agotamiento de los depósitos de sustancia transmisora en los terminales sinápticos. Según Guyton y Hall (2006), existen otras características en la transmisión sináptica como: facilitación postetánica, efecto de la acidosis y la alcalosis, efecto de la hipoxia, efecto de las drogas, y retardo sináptico.

En ese trabajo, consideramos fundamentales a los efectos de facilitación postetánica, drogas y retardo sináptico que pueden ser factores que influyan en la toma de datos de los sujetos del estudio.

- Facilitación postetánica: cuando una serie rápidamente repetitiva de impulsos estimula una sinapsis excitatoria durante un periodo y después sigue un lapso de reposo, la sinapsis muchas veces por un lapso de segundos o minutos, será incluso más sensible a la siguiente estimulación que lo normal.
- Efecto de las drogas: se sabe que muchas drogas aumentan la excitabilidad neuronal, por ejemplo, se hallan en el café, el té y el cacao mientras que otras la disminuyen, como ocurre con los diazepóxidos. La mayor parte de los anestésicos aumentan el umbral de membrana para la excitación y disminuyen así la transmisión sináptica en muchos puntos del SN.
- Retardo sináptico: en la transmisión de un potencial de acción desde una neurona presináptica a una postsináptica se consume una cierta cantidad de tiempo, ya mencionado anteriormente.

El lapso mínimo necesario para que tengan lugar todos estos hechos es de 0.5 ms (Alés, Poyato, Valero y Álvarez-de Toledo, 1998).

1.2.5. VÍA VISUAL

Según la Real Academia Española (RAE) las diferentes acepciones del término "visión" son las siguientes: *"1. f. Acción y efecto de ver. 2. f. Contemplación inmediata y directa sin percepción sensible"*, siendo "ver" en su primera acepción el *"percibir por los ojos los objetos mediante la acción de la luz"* (Real Academia Española [RAE], 2014). El ojo es la puerta de entrada por la que ingresan los estímulos luminosos que se transforman en impulsos eléctricos gracias a unas células especializadas de la retina que son los conos y los bastones. El nervio óptico transmite los impulsos eléctricos generados en la retina al cerebro, donde son procesados en la corteza visual (Guyton, 1997).

La retina es una estructura nerviosa que se desarrolla a partir del diencefalo, configurando la porción del ojo sensible a la luz que contiene los conos, responsables de la visión de colores, y los bastones, principales responsables de la visión nocturna, distinguiendo brillos entre el blanco y negro. Cuando los bastones y los conos son excitados, se transmiten señales a través de neuronas sucesivas en la retina que a través del nervio óptico llevará la información hasta la corteza cerebral. La transmisión de la mayoría de las señales en la retina ocurre por conducción electrotónica, presentando sinapsis eléctrica (Guyton, 1997). Las únicas neuronas retinianas que siempre transmiten señales visuales por medio de potenciales de acción son las células ganglionares; y estas envían sus señales a través del nervio óptico hasta el encéfalo.

Uno de los tipos de las neuronas, las células bipolares establecen contacto sináptico con el terminal de los fotorreceptores, estas neuronas responden al glutamato de dos formas, las denominadas células bipolares off, generan respuestas despolarizantes y una segunda variedad células bipolares on generan respuestas hiperpolarizantes. Las células bipolares off se despolarizan en ausencia de luz,

oscuridad (al aumentar la liberación de glutamato) y las células on se despolarizan en presencia de luz, iluminación (al disminuir el glutamato). Así para los bastones y conos, la señal de salida hiperpolarizante se encuentra directamente relacionada con la intensidad de la iluminación; la señal no es todo o nada (Cardinali, 2007; Guyton, 1997; Guyton y Hall, 2006; Asociación de Afectados de Retinosis Pigmentaria de Euskadi [AARPE], 2015).

La luz es retenida por la capa pigmentaria de células melánicas que impide que se refleje y así, estimule nuevamente a los receptores, si no fuera así, la luz podría rebotar y volver a estimular a los receptores, lo que provocaría una visión con halo o borrosa de los objetos.

Toda la vía visual parte de la retina, ya sea la vía encargada de la percepción, como la encargada de controlar los movimientos oculares. La información codificada es transmitida desde la retina hacia el siguiente centro nervioso de la vía visual, mediante un poco más de 1 millón de fibras nerviosas que componen el nervio óptico. Este número reducido de fibras, mediante impulsos de frecuencias entre decenas y centenas de Hz, es capaz de transmitir al cerebro, de manera continua, toda la información necesaria para que podamos reconstruir forma, color y movimiento con gran precisión (Guyton y Hall, 2006) (figura 9).

Figura 9. Esquema de las capas de retina (Guyton y Hall, 2006, p.627).

Si analizamos más detalladamente cada uno de los componentes de la vía óptica, es decir, las proyecciones que van desde la retina al córtex, es importante saber, en primer término que esta vía tiene un orden (en su disposición y distribución), el cual, lo que se denomina organización retinotópica. Esta organización es característica de toda la vía visual (Cardinali, 2007).

Los rayos de luz llegan a los fotorreceptores (conos y bastones), los que sinaptan con las interneuronas retinianas. Después están las neuronas bipolares que son los que conectan los conos y bastones con las células ganglionares cuyos axones conforman el nervio óptico.

El nervio óptico está constituido por los axones de las células ganglionares. Cada nervio óptico lleva axones procedentes de la retina nasal y de la retina temporal. Los axones de la retina nasal se cruzan al hemisferio contralateral, constituyendo el quiasma óptico. A partir del quiasma, por cada tracto óptico va información correspondiente al campo contralateral. Las fibras de cada tracto óptico hacen sinapsis en el núcleo geniculado lateral (NGL). Dicho núcleo se divide en dos partes: dorsal (proyecta hasta la corteza visual primaria) y ventral (proyección difusa).

En NGL posee 6 capas celulares que se dividen en capas magnocelulares y parvocelulares. Cada dos de estas capas reciben conexiones de las retinas de ambos ojos que han recibido el mismo estímulo. Las conexiones se establecen de manera que en cada capa existe una representación "punto a punto" de la retina y las seis capas tienen una misma orientación (Guyton, 1997) (figura 10).

Figura 10. Vía visual (Guyton, 1997, p.194).

Las neuronas de proyección de las 6 capas del NGL envían sus axones a la corteza visual primaria (V1). Desde el NGL, las fibras geniculocalcarinas se dirigen por la radiación óptica, hasta la corteza visual primaria en el área calcarina del lóbulo occipital. La corteza visual corresponde al lugar del cerebro en el cual desembocan las fibras provenientes del NGL y otras áreas que ayudan en el reconocimiento de esa información, la primaria corresponde al área 17 de Brodmann (estriada) mientras que la secundaria a las áreas 18 y 19 de Brodmann (extraestriadas). Hoy estas áreas tienden a denominarse V₁, cuya función es la de separar el procesamiento para el color, la forma y el movimiento, para que las áreas siguientes detecten dichas características y se tenga la percepción; V₂, área funcionalmente heterogénea, cuya función consiste también en separar el procesamiento para el color, la forma y el movimiento; V₃, vinculada con la forma dinámica como la forma de los objetos en movimiento; V₄, considerada como el área encargada del color y algunas células responden tanto al color como a la forma; y V₅, área encargada de la percepción del movimiento de los objetos, independiente de la forma (Román, Sánchez y Rabadán, 2011).

1.2.6. VIA AUDITIVA

Carrillo (2014) matiza que el sonido depende del movimiento oscilatorio molecular, que se transmite en forma de onda, de una molécula a otra, siempre que exista un medio homogéneo elástico, que rodee la fuente de energía. Y el mismo autor define que se trata de ondas longitudinales donde las moléculas de un medio vibran en la misma dirección de propagación. Para ser audible por el oído humano, el estímulo acústico debe poseer ciertas características físicas (Guyton, 1997; Cardinali, 2007; Carrillo, 2014):

- Su frecuencia debe estar comprendida entre 16 Hercio (Hz) y 16 000 Hz.

- La intensidad debe ser superior a 10-16 vatios por el centímetro cuadrado (watt/cm^2) para la frecuencia de 1000 Hz pero como las medidas absolutas de intensidad sonora son difíciles de medir, se prefiere comparar la potencia de la fuente sonora estudiada a la de una fuente de referencia. Así la unidad de potencia (watt/cm^2) es reemplazada en la práctica audiológica por el decibelio (dB). El dB representa la intensidad sonora más pequeña susceptible de ser percibida por el oído humano.

El oído analiza las características de los sonidos en su frecuencia e intensidad. Frecuencias diferentes en la entrada de sonido causan que distintas lengüetas de la membrana basilar vibren. Cada área tiene diferentes terminaciones nerviosas para permitir discriminar el tono (Kandel et al., 2001). Es por ello, los autores suelen distinguir diferentes etapas en el proceso de la audición, que pasan por la captación y procesamiento mecánico de las ondas sonoras, seguido de la conversión de la señal acústica (mecánica) en impulsos nerviosos, transmisión de dichos impulsos hasta los centros sensoriales del cerebro, y finalizando con el procesamiento neural de la información codificada en forma de impulsos nerviosos.

La captación, procesamiento y transducción de los estímulos sonoros se llevan a cabo en el oído propiamente dicho, mientras que la etapa de procesamiento neural, en la cual se producen las diversas sensaciones auditivas, se encuentra ubicada en el cerebro. Así pues, se pueden distinguir dos regiones o partes del sistema auditivo: periférica y central (Cardinali, 2007; Purves et al., 2007).

- La región periférica: en la cual los estímulos sonoros conservan su carácter original de ondas mecánicas hasta el momento de su conversión en señales electroquímicas. Dicha región está distribuida en tres partes: oído externo, oído medio y oído interno (Cardinali, 2007; Purves et al., 2007).

- La región central, en la cual se transforman dichas señales en sensaciones. En la región central también intervienen procesos cognitivos, mediante los cuales se asigna un contexto y un significado a los sonidos; es decir, permiten reconocer una palabra o determinar que un sonido dado corresponde a un violín o a un piano. El procesamiento de la información auditiva comienza con la codificación de frecuencia, amplitud y fase en el oído interno. La primera neurona está situada en el ganglio espiral o de Corti; su axón constituye el nervio auditivo, formado aproximadamente por 30.000 fibras. Cada célula ciliada interna está en contacto con 20 células nerviosas de tipo I (cuerpo grande, mielinizadas y conectadas solo con células ciliadas internas), en cambio cada célula tipo II inerva aproximadamente 10 células ciliadas externas (cuerpos celulares no mielinizados). El 95 % de las fibras que componen el nervio auditivo provienen de las células ciliadas internas. La información es transmitida por los axones de estas neuronas primarias a los núcleos cocleares localizados en el pedúnculo cerebeloso inferior del bulbo, dando una rama para el Núcleo Coclear Ventral (NCV) y otra para el Núcleo Coclear Dorsal (NCD). En este punto hacen sinapsis todas las fibras. El NCV recibe en su porción más ventral fibras provenientes del vértice de la cóclea (transmiten sonidos de frecuencias bajas) y en su porción más dorsal recibe fibras de la espira basal de la cóclea (transmiten sonidos de alta frecuencia). Desde los núcleos cocleares, los impulsos nerviosos van por las vías auditivas hacia centros auditivos superiores:
 - Al Núcleo Olivar Superior (que constituye el principal sitio de convergencia biauricular en el SNC).
 - Al Núcleo Tectal Inferior (NTI) a través del Lemnisco Lateral, donde algunas fibras, pero no todas, terminan en el núcleo del lemnisco lateral.

Desde los núcleos, se transmiten hacia el NTI, importante estación de relevo de la vía auditiva, que recibe información de ambos oídos. Ahí, es donde terminan todas o casi todas las fibras. Después la vía auditiva se dirige hacia el núcleo geniculado medial, donde todas las fibras hacen nuevamente sinapsis. Desde aquí, la vía prosigue por intermedio de la radiación auditiva hasta la corteza auditiva primaria, localizada en su circunvolución temporal superior o de Heschl (áreas 41 y 42 de Brodmann) (actualmente denominadas AI y AII). La corteza auditiva secundaria se encarga del reconocimiento e interpretación de sonidos en base a experiencias pasadas (figura 11).

Figura 11. Transmisión neuronal de la vía auditiva (Cardinali, 2007, p.180).

1.3. DEPORTE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA

1.3.1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL DEPORTE PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA A NIVEL INTERNACIONAL Y NACIONAL

El colectivo de personas con discapacidad auditiva fue de los primeros en organizarse en la práctica deportiva a nivel mundial (Bailey, 2008). En 1888 un grupo de sordos alemanes decidió formar un club deportivo, y promocionar con sus viajes el deporte entre los sordos por todo el país, siendo en Berlín donde se realizaron primeras concentraciones. Sin embargo, hasta 1924 no hubo organismos oficiales que velasen por sus intereses (Sarriá, 1994; Harrison, 2014).

El francés, Rubens-Alcais, y el belga, Antoine Dresse efectuaron una gira por Europa hacia mediados de 1924, visitando los clubs deportivos de sordos existentes por entonces, fundando en Paris el “Comité International des Sport des Sourds (CISS)” (Comité Internacional de Deportes para Sordos) que hoy rige gobierna los destinos del deporte para sordos en todo el mundo hasta nuestros días (Sarriá, 1994; Harrison, 2014). Incluso, ese mismo año se organizaron los primeros Juegos Sordolímpicos, evento deportivo de mayor magnitud a nivel mundial para el colectivo, y anteriores a la primera convocatoria de los Juegos Paralímpicos (1960). Los Juegos Sordolímpicos se celebran cuatro años, concretamente un año después de los Juegos Olímpicos (JJO) y Paralímpicos (tabla 2) (Stewart, 1991; Sarriá, 1994; Reina, 2010; Harrison, 2014; International Committee of Sports for the Deaf [ICS], 2014).

Tabla 2. Ciudad de celebración y año de Juegos Sordolímpicos de verano y de invierno celebrados.

JUEGOS SORDOLIMPICOS DE VERANO	JUEGOS SORDOLIMPICOS DE INVIERNO
Paris 1924	Seefeld 1949
Amsterdam 1928	Oslo 1953
Núremberg 1931	Oberammergau 1955
Londres 1935	Montana-Vermala 1959
Estocolmo 1939	Åre 1963
Copenhague 1949	Berchtesgaden 1967
Bruselas 1953	Adelboden 1971
Milan 1957	Lake Placid 1975
Helsinki 1961	Méribel 1979
Washington DC 1965	Madonna di Campiglio 1983
Belgrado 1969	Oslo 1987
Malmoe 1973	Banff 1991
Bucarest 1977	Ylläs 1995
Colonia 1981	Davos 1999
Los Angeles 1985	Sundsvall 2003
Christchurch 1989	Salt Lake 2007
Sofia 1993	Khanty Mansiysk 2015
Copenhague 1997	
Roma 2001	
Melbourne 2005	
Taipei 2009	
Sofia 2013	

Los próximos Juegos Sordolímpicos de verano serán en Samsun de Turquía para el año 2017 los de invierno concurrirán en lugar a determinar en 2019.

En España, ya en 1907 se tienen noticias de las primeras actividades deportivas, siempre incluidas en entidades para personas sin discapacidad. La falta de información contrastada nos impide conocer los datos precisos de quienes fueron los primeros deportistas sordos en nuestro país. En 1917 se fundó el primer club deportivo de sordos de España: fue el Círculo Deportivo de Sordomudos de Barcelona, en las disciplinas de

ajedrez y fútbol. Pero no existía un organismo oficial que aglutinara los esfuerzos de los pioneros. Las competiciones eran esporádicas, organizadas casi siempre por las secciones deportivas de las diferentes asociaciones culturales. Eso no podía continuar así para los inquietos deportistas sordos por la necesidad de organizar actividades deportivas de forma autónoma. Por esto, en 1948, un grupo de ellos se reunió en la Ciudad Condal para crear un organismo oficial de carácter nacional que velara por sus derechos. En 1949 nació la Federación Nacional de Sociedades de Sordomudos de España (FNSSE) al mismo tiempo que se creaba una sección deportiva llamada Comité Español de Deportes Silenciosos de la Federación Nacional.

El primer Campeonato de España de Deportes para sordos se celebró durante el verano de 1960 en Barcelona con dos únicos deportes: fútbol y ajedrez. El equipo de fútbol de la Asociación de Bilbao fue el primer campeón de la historia del deporte para sordos en España. Los eventos nacionales fueron celebrándose anualmente sin interrupción desde 1960 hasta ahora en varias modalidades deportivas entre ellas el atletismo (Sarriá, 1994).

1.3.2. INSTITUCIONES QUE REGULAN Y PROMUEVEN EL DEPORTE PARA SORDOS Y SU SITUACIÓN ACTUAL

A nivel internacional es el mencionado CISS, actualmente denominado ICSD (International Committee of Sports for the Deaf) quien se encarga de reglar, promocionar y sancionar diferentes modalidades deportivas para este colectivo, pero hasta el año 1955 no fue reconocido por el Comité Olímpico Internacional (International Olympic Committee, IOC) (Harrison, 2014). Hemos de decir que esta institución no está incluida dentro del movimiento paralímpico internacional, por lo que los

deportistas con sordera no participan en los Juegos Paralímpicos, sino en sus propios Juegos: los ya mencionados Juegos Sordolímpicos o “Deaflympics” en inglés, equivalentes a los Juegos Paralímpicos para el colectivo. Es el ICSD quien organiza este evento deportivo mundial, el de mayor importancia para el colectivo (ICSD, 2014).

A nivel internacional la Federación Española de Deportes para Sordos (FEDS) está afiliada al ICSD, al Comité Internacional de Ajedrez para Sordos (International Chess Committee of the Deaf, ICSC) y a la Organización Europea de Deportes para Sordos (European Deaf Sports Organization, EDSO), con autorización del Consejo Superior de Deportes (CSD) (Federación Española de Deportes para Sordos [FEDS], 2014).

La FEDS a nivel nacional es miembro del Comité Olímpico Español (COE) y del Comité Paralímpico Español (CPE). Las modalidades y especialidades deportivas a cuya promoción y desarrollo atiende la FEDS en sus estatutos son los que se enumeran en la tabla 3 (FEDS, 2014).

Tabla 3. Modalidades y especialidades deportivas reconocidas en los estatutos de FEDS.

Ajedrez	Ciclismo	Lucha greco-romana	Petanca	Voleibol y sus especialidades
Atletismo	Ciclismo de montaña	Lucha Libre	Surf	Waterpolo
Bádminton	Frontenis	Natación	Taekwondo	Curling
Baloncesto	Futbol	Orientación	Tenis	Esquí Alpino
Balonmano	Futbol Sala	Pádel	Tenis de mesa	Esquí de Fondo
Billar	Judo	Pentatlón moderno	Tiro con Arco	Hockey sobre hielo
Boxeo	Karate	Pesca	Tiro Olímpico	Snowboard

A fecha de hoy, según la página web de la FEDS, los deportes que esta organiza y sanciona son los siguientes: ajedrez, atletismo, baloncesto, billar, ciclismo, ciclismo de montaña, fútbol, fútbol sala, natación, pádel, pesca, petanca, tenis y tenis de mesa (Sarriá, 1994; FEDS, 2014) (tabla 3). Existen otras modalidades deportivas aun no reconocidas en los estatutos de la FEDS como en el caso de bowling, dardos, futbol 7 y senderismo.

La FEDS es una federación que cuenta con el apoyo económico y respaldo de diferentes Organismos como son el CSD, el CPE y la Fundación ONCE. De igual forma cuenta con empresas patrocinadoras que contribuyen en la consecución de sus objetivos y actividades. Por otro lado, sus propios recursos son también garantía para poder desarrollar las actividades que organizan para lograr su objetivo que es la integración de las personas sordas en la sociedad a través del deporte (torneos, encuentros, campeonatos nacionales e internacionales, Juegos Sordolímpicos, etc.).

1.3.3. CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

El deportista sordo que desee inscribirse en las competiciones exclusivas para su colectivo y participar en las competiciones que realiza la FEDS y el ICSD debe tener una única e ineludible condición: presentar un certificado médico de audiometría, timpanometría y reflexometría en el que se describa el tipo de sordera que manifiesta. Si ésta es superior a 55 dB en el mejor oído podrá participar en toda clase de competición deportiva que se organice de manera oficial por la FEDS e ICSD (Reina, 2010; FEDS, 2014; ICSD, 2015). Las condiciones anteriores de elegibilidad también son exigidas para la competición por las federaciones autonómicas, como es el caso de la Federación Madrileña de Deportes para Sordos (FMDS) (Federación Madrileña de Deportes para

Sordos [FMDS], 2014). Es de destacar que no existen clases funcionales según tipo de pérdida auditiva sino que, existiendo el criterio de elegibilidad antes citado, todos ellos compiten en una misma categoría.

1.3.4. NÚMERO DE LICENCIAS Y CLUBES

Tomando como referente datos del Instituto Nacional Estadística (INE) del año 2008 el porcentaje de población con discapacidad alcanza el 8.5% de la población (3.8 millones de personas) (Instituto Nacional Estadística [INE], 2008) y en cuanto a la discapacidad auditiva existen 1.064,100 personas con problemas de audición. Según datos del CSD, las federaciones deportivas de personas con discapacidad, en 2013 tramitaron 9.294 licencias. Traducido a porcentaje, sólo el 0.24% de las personas con discapacidad practican deporte federado, lo que entendemos, no es un indicador demasiado fiable de la práctica deportiva habitual del colectivo (Pérez, 2009; Consejo Superior de Deportes [CSD], 2014).

Centrándonos en las personas sordas, el número de licencias en la temporada 2011/2012 computadas por la FEDS asciende a 733, sin contar con las licencias expedidas por las federaciones territoriales, puesto que no tienen el formato de licencia única (licencia expedida por las federaciones autonómicas directamente con la federación española), distribuyéndose en un 80% de hombres y un 20% de mujeres. En la temporada 2012/2013 la distancia entre ambos porcentajes (hombres y mujeres) se reduce, en este caso se registraron 615 licencias, siendo el 79.35% de hombres y 20.65% de mujeres (CSD, 2014).

Si comparamos las 615 licencias deportivas registradas por la FEDS en la temporada deportiva 12/13, con la población de personas sordas de España, según la

última encuesta del INE cuya cifra asciende a 1.064.100 personas, comprobamos que sólo el 0.057% practica deporte reglado.

Indicar además, para tener una idea del número de personas sordas que, cumpliendo en criterio de elegibilidad, compiten en nuestro país, que, según los datos del portal del CSD (www.csd.gob.es ; a fecha 10/07/2014), el número total de licencias y clubes de la FEDS ha sido los siguientes: para el año 2006, 919 deportistas y 30 clubes; para el año 2013, 615 deportistas y 31 clubes, aunque la modalidad de atletismo solo hay 15 deportistas que poseen licencia federativa y compitan en velocidad.

Según datos de la FEDS (FEDS, 2013), para el año 2012, solo 15 deportistas de la modalidad de atletismo en esta federación aparecen reflejados en el ranking nacional de atletismo de 100 m.l., objeto de nuestro estudio. Posiblemente, muchos deportistas con discapacidad auditiva compiten asiduamente con entidades de deportistas sin discapacidad, clubes convencionales, desconociendo la existencia de la FEDS donde la invisibilidad de esta discapacidad es un factor importante a tener en cuenta (Sarriá, 1994; Soto, 2003; Soto, 2007).

1.3.5. DEPORTE PARALÍMPICO, ADAPTADO E INCLUSIVO

A este respecto y llegados a este punto, nos parece adecuado distinguir las manifestaciones deportivas para personas con discapacidad para aclarar terminológicamente el ámbito del deporte paralímpico, adaptado e inclusivo.

El término del deporte paralímpico abarca un amplio rango de deportes para personas con discapacidad que participan en competiciones deportivas a distintos niveles. En el contexto de los Juegos Paralímpicos de verano y de invierno, se refiere a las actividades deportivas de alto nivel organizadas como parte del movimiento

paralímpico mundial. Estos deportes se organizan y se desarrollan bajo la supervisión del Comité Paralímpico Internacional (IPC) y otras federaciones deportivas internacionales (Reina, 2010), sin contar con las personas sordas que tienen sus propios juegos, es decir, Juegos Sordolímpicos, ya mencionados en el punto 1.3.2.

El deporte adaptado se entiende como aquella modalidad deportiva que se adapta al colectivo de personas con discapacidad o condición especial de salud, ya sea porque se han realizado una serie de adaptaciones y/o modificaciones para facilitar la práctica de aquellos, o porque la propia estructura del deporte permite su práctica (Reina, 2010). Es por ello que algunos deportes convencionales han adaptado alguna de sus características para ajustarse a las necesidades de un determinado colectivo de personas con discapacidad que lo va a practicar, mientras que otros casos, se ha creado una modalidad deportiva nueva a partir de las características específicas de un determinado colectivo de personas con discapacidad.

Entendemos el deporte inclusivo como aquella actividad y deporte que permite la práctica conjunta de personas con y sin discapacidad, ajustándose a las posibilidades de los practicantes y manteniendo el objetivo de la especialidad deportiva que se trate. Supone un ajuste o adaptación en las reglas y el material utilizado con el fin de fomentar la participación activa y efectiva de todos los participantes (Pérez-Tejero, Ocete-Calvo, Soto-Rey, Charry-Ossa, Alonso de Linaje-García y García-Hernández, 2013).

1.4. SALIDA DE VELOCIDAD EN EL ATLETISMO

En la carrera atlética de velocidad, numerosas son las variantes, respecto a la posición de salida, que el atleta ha ensayado y utilizado a lo largo de la historia. El atleta, en el momento de la salida se encuentra en un estado de máxima concentración esperando el momento en el que se produce la explosión de energía que supone la puesta en marcha. Esta respuesta dependerá de la constitución de cada atleta y del entrenamiento, todo ello mediado por el sistema nervioso.

En este segmento de la carrera, el atleta, que buscando efectuar una buena transición desde la posición baja hasta la verticalidad, trata de reaccionar con prontitud al estímulo, para predisponer sus segmentos corporales de cara a una óptima aceleración, en el menor tiempo posible. Por ello esta fase constituye la capacidad motriz más importante del velocista.

1.4.1. RESEÑAS HISTORICAS DE LA SALIDA DE VELOCIDAD ATLÉTICA

Aunque imprecisos, los primeros antecedentes históricos datan unos 3.500 años antes de Cristo (a. C.). Los egipcios fueron los primeros en desarrollar el atletismo como deporte sobre la duodécima dinastía, en donde también se incluía la carrera a pie (Mansilla, 1994). Según Bravo, fueron los irlandeses del período precéltico y los griegos de Acadia, junto a sus vecinos los cretenses de la época minoica, los primeros pueblos que comenzaron a practicar regularmente el atletismo como deporte de competición, aproximadamente 2000 años antes de nuestra era, en la Edad del Bronce (Bravo, Pascua, Gil, Ballesteros y Campra, 1990).

Antes del comienzo oficial de los antiguos juegos de Olimpia (año 776 a. C.) tenían lugar en Irlanda los Lugnas Games, después conocidos como los Tailtean Games.

Según el manuscrito conservado en el Trinity College de Dublín, que data del año 1160, titulado Bock of Leins, dichos juegos se celebraban diecinueve siglos antes de la Era Cristiana. Se celebraban lanzamientos y saltos especialidades muy arraigadas en la tradición celta. En la cultura helénica Las pruebas atléticas están mucho más documentadas y encontramos las primeras narraciones deportivas en las obras de La Iliada y La Odisea (Fernández, 2005).

En el año 776 a. C. se escribe por primera vez en las tablas sagradas de Olimpia la victoria del primer campeón de los Antiguos JJOO, Corebo de Elida, en la única distancia de velocidad que integraba el programa (figura 12).

Desde las épocas arcaicas, en las salidas para las carreras se disponía de una losa de piedra que señalaba el punto de partida, colocada perpendicularmente a la dirección de la pista. Solían tener dos ranuras, separadas entre sí unos 15 centímetros (cm). Los pies se apoyaban en el canto vertical de la ranura, mediante los metatarsos, con el objeto de ejercer fuerza y adquirir más rápidamente la velocidad, para lo que se alzaban ligeramente los brazos, quedando el cuerpo en tensión. Este sistema de salida constituye aunque de forma arcaica el antecedente de los actuales tacos de salida.

Figura 12. Antiguos Juegos de Olimpia: Reconstrucción histórica. Atletas momentos antes de iniciar la prueba del estadio 192'27m (estadiódromos) (Fernández, 2005).

Cruz (1991) comenta que posteriormente a lo largo de los años tenemos constancia de variadas y curiosas formas de salida. Una de ellas era conocida como “break start”. El juez se situaba a la altura de la salida mientras los atletas se separaban hacia atrás, unos 15 metros (m) agarrados de las manos. Situados en esa posición se adelantaban hacia la salida momento en el cual se soltaban e iniciaban la prueba. Si el juez consideraba que algún atleta había tomado ventaja invalidaba la salida. Con este procedimiento las pruebas se iniciaban “lanzadas” lo que justifica, en cierto modo, algunos registros realmente dudosos (Cruz, 1991).

En el año 1888 es cuando el americano Charles Sherril, por indicación de su entrenador Michael Murphy, utiliza por primera vez en una competición una salida agachada con apoyo de sus manos en el suelo, si bien se cree que fue un atleta de color australiano llamado Black Samuel quien antes empezó a colocar una rodilla en tierra y apoyarse sobre una mano, para imitar a un canguro, se dijo en aquel tiempo. Durante el siglo XIX los atletas y los técnicos eran muy reacios a utilizar otra fórmula que no fuera la bipedestación y la salida agachada tardó años en tener seguidores (figura 13).

Figura 13. Salida utilizada a lo largo del siglo XIX (Fernández, 2005).

En la primera edición de los JJOO de la Era Moderna (Atenas 1896) exceptuando al americano Burke que, precisamente sería el vencedor, el resto de los

finalistas salen de pie, salvo el otro norteamericano que lo hace apoyando las manos en unos palos en una posición agrupada (figura 14).

Figura 14. Juegos Olímpicos de Atenas 1896. Final 100m. En la calle 4 el norteamericano Thomas Burke (Fernández, 2005).

Fue a partir de la siguiente edición de los JJOO en París 1900, cuando todos los atletas en las carreras de velocidad comenzaron a utilizar la salida agrupada, afirmándose como la posición inicial más conveniente y ventajosa para conseguir un comienzo rápido de carrera. Lo hacían incrustando sus pies en unos hoyos, que eran realizados por los atletas en las pistas de ceniza (figura 15).

Figura 15. Salida de velocidad en el Gran Prix Ravault, Paris 1902 (Fernández, 2005).

En la década de los años 20, ya se conoce la salida agrupada en Estados Unidos, denominada salida australiana o salida “de canguro”. En este mismo período, año 1929, el atleta americano George Simpson establece un registro de 9.4 s en las 100 yardas utilizando unos bloques de madera para apoyar sus pies. Sin embargo, la IAAF (International Association of Athletics Federations), constituida en 1913 no homologa la marca por no estar legalizados los tacos. Sería a partir de 1938 cuando este organismo aprueba su utilización en el congreso de París, pero aclarando que no era para beneficiar al atleta “sino para proteger la pista y acelerar el desarrollo de las pruebas”.

Podemos manifestar que fue Michael Murphy el precursor de la salida agachada con los “starting blocks” a finales de los años 20. No pasó mucho tiempo para que los atletas reconocieran los indudables beneficios de su uso. Durante este siglo se experimentaron diversas posiciones en los tacos que originó lo que se denominó “salida intermedia y agrupada”, según la separación entre los pies originando la elevación de la cadera entre otros parámetros. Pese a las ventajas que la utilización de los tacos de salida suponía, el atleta americano Jesse Owens, conocido como “el antílope de ébano”, prefería realizar hoyos en el suelo, a utilizar los tacos de salida. A partir de 1935 con Owens como referencia, predomina la salida intermedia (Fernández, 2005) (figura 16).

Figura 16. Jesse Owens en los Juegos Olímpicos de Berlín 1936.

En los años 60 fue cuando el alemán occidental Armin Hary, primer hombre con 10.0 s sobre 100 m.l. en el mundo, lleva la forma de salida intermedia ya adoptada por Owens a su máxima expresión, para ello aproximaba más el primer taco al segundo taco manteniendo la espalda horizontal. Paul Nash velocista sudafricano y con un registro de 10.0 s en el año 1968 llegó a utilizar los tacos, saliendo de pie, en vísperas de los JJOO. de México.

En los JJOO de Múnich 1972 el soviético Valery Borsov campeón Olímpico en 100 y 200 m.l. realizaba una gran aproximación entre sus pies, cadera muy alta y cabeza muy baja (en la posición de listos).

1.4.2. PARÁMETROS DETERMINANTES EN LA COLOCACIÓN DE LOS TACOS DE SALIDA

La variabilidad de la antropometría (altura, peso, longitud, explosividad en los movimientos) o el nivel de fuerza explosiva aplicada por el velocista van a determinar la forma más idónea de colocación de los tacos de salida, por ello esta se determina de manera individual.

Existen tres posiciones: corta, media y larga, que dependen de la separación de los tacos de la línea de salida, siendo la segunda la más idónea desde el punto de vista biomecánico (Hornillos, 2000). Es importante que el propio atleta encuentre su posición particular que le permita aprovechar sus cualidades al máximo. Las medidas estándar son las siguientes: el primer taco se encuentra separado de la línea de tal forma que, apoyando el pie sobre el mismo, la rodilla llegue o se aproxime hasta la línea de salida, a unos 40-50 cm. El segundo taco se sitúa a la distancia necesaria para que la rodilla del pie atrasado caiga por delante del pie adelantado (35-40 cm). Otra forma válida consiste

en colocar el primer taco a dos pies de la línea de salida y el segundo a uno o a uno y medio con relación al primero (Bravo et al., 1990; Hornillos, 2000).

La separación lateral va a estar determinada por la configuración de los tacos (fijos o individuales). En el caso de que fueran independientes varía entre 10 y 12 cm, aproximadamente.

El nivel de angulación de los tacos depende de la fuerza explosiva que pueda generar el velocista. Cuanta más alta, menores pueden ser los ángulos. La angulación de los tacos suele oscilar entre 40° a 45° el delantero y 60° a 85° el trasero, por tanto estará mucho más vertical el atrasado dado que la pierna está muy extendida.

La superficie del taco atrasado se encuentra en una posición más vertical. En la actualidad algunos atletas colocan el primer taco con una inclinación de 25° a 30° y el segundo 30° a 40°. Esta posición viene como resultado de la disminución del ángulo tibia-pie, permitiendo un aprovechamiento de la fuerza de la musculatura a nivel de los gemelos y del pie como palanca, ampliándose así la trayectoria de aplicación de la fuerza y por tanto la velocidad de salida. La inclinación óptima de los tacos sería la siguiente: anterior 50°, posterior 75°. Cuanto más posteriores están los tacos, más verticalizados se sitúan. Cuantos más planos están los tacos, más eficaz es la salida, porque crea unas condiciones de preelongación muscular que facilita la flexión plantar. (Bravo et al., 1990; Hornillos, 2000).

1.4.3. ANÁLISIS DE LA POSICIÓN EN LA SALIDA DE VELOCIDAD

ATLÉTICA

Un simple análisis de las pruebas de velocidad nos permite comprender la enorme importancia de la partida desde los tacos. La diferencia entre ganar o perder depende fundamentalmente de este gesto que parece muy simple y es sin embargo muy complejo. Determinar exactamente la combinación de medidas individuales para obtener el mejor rendimiento desde los tacos es una ardua tarea y a continuación exponemos un análisis de las 3 posiciones adecuadas para la salida de velocidad atlética según los autores Bravo et al. (1990) y Hornillos (2000).

1.4.3.1. Análisis de la posición de “A LOS PUESTOS”

Colocación de las manos: Las manos se ubican por detrás de la línea de salida en forma de pirámide con los dedos separados y descansados sobre sus yemas. La distancia entre las manos será ligeramente superior a la anchura de los hombros. Los brazos están extendidos, de forma perpendicular al suelo (o un poco abiertos) y equidistantes del eje del cuerpo; la línea de hombros se localiza encima del apoyo de manos.

Colocación de las piernas: La pierna retrasada se encuentra apoyada en el suelo con la punta del pie y rodilla, mientras que la adelantada sólo lo hace con la punta del pie, ya que la rodilla la tiene elevada. Ambos pies tienen un cierto grado de flexión. Algunos atletas colocan la punta del pie atrasado ligeramente por delante del taco, para provocar un nivel de flexión plantar.

Posición de la cabeza: Esta debe estar en prolongación de la columna o levemente flexionada con la vista en el suelo. El tronco está inclinado con los hombros más altos que la cadera. La cabeza está en prolongación del tronco. En esta posición (“a

los puestos”) coexisten cinco puntos de contacto del atleta con el suelo: sus dos pies (la punta), la rodilla retrasada y sus dos manos (figura 17).

Figura 17. Posición “A los puestos”.

1.4.3.2. Análisis de la posición de “LISTOS”

La mirada estará fija en un punto aproximadamente a medio metro de la línea de salida. La rodilla atrasada deja el suelo para orientar a la pierna en condiciones de realizar una impulsión ideal. Las caderas suben para adquirir una angulación entre las piernas de unos 90° la adelantada y unos 120°-135° la atrasada. El nivel de la pelvis suele quedar por encima de los hombros, unos 55°, con relación al eje cadera-rodilla adelantada.

La prolongación de la línea de hombros se adelanta al nivel de apoyo de las manos (especialista), mientras que un principiante la mantiene en la vertical. Los pies persisten vigorosamente apoyados en los tacos, ejerciendo presión.

El peso corporal debe hallarse perfectamente repartido sobre los cuatro puntos de apoyo de esta posición (figura 18).

Figura 18. Posición “Listos”.

1.4.3.3. Análisis de la fase de “PUESTA EN ACCIÓN”

La aceleración es la que el atleta fabrica durante la fase de “puesta en acción”, y depende de la fuerza que podemos ejercer (la fuerza horizontal es similar al peso corporal y la fuerza vertical un poco superior al peso corporal en los primeros apoyos). Dicha fuerza está limitada por la fuerza explosiva de nuestros músculos y la adherencia al suelo (asegurada por los clavos). La fuerza de las extremidades inferiores depende de la posición, el grado de preestiramiento, al ángulo de inserción, la sección transversal, la inervación...

La posición de los segmentos para cada sujeto es un determinante de la fuerza y la aceleración. Los músculos más importantes para la salida son los extensores de la cadera, los extensores de la rodilla (115° - 120° máxima fuerza generada) y los flexores plantares del tobillo (106°), que serían posiciones ideales para salir de tacos (figura 19).

Figura 19. Fase de “Puesta en acción”.

Los ángulos dependen de la posición de los tacos de salida que van a determinar la posición de las articulaciones y la fuerza desarrollada por los músculos como “rodilla-pierna anterior” a 100° , “rodilla-pierna posterior” a 130° , “tronco-horizontal” a 25° y “entre los muslos” a 35° . Henry y Trafton (1951) realizaron un estudio en el cual modificando las distancias entre el taco anterior y posterior (sin modificar la distancia del taco delantero a la línea de salida) determinaron:

- Tacos más agrupados: el sujeto abandona los tacos más rápidamente pero sale con una velocidad menor. Y tarda más en cubrir una distancia corta.
- Tacos más separados: el sujeto tarda más en abandonarlos pero lo hace a una velocidad mayor.

1.4.4. RELACIÓN ENTRE EL TR Y EL RENDIMIENTO EN LAS PRUEBAS DE VELOCIDAD ATLÉTICA.

Existen dos partes diferenciadas aunque consecutivas en tiempo y acción en el momento de la salida: la reacción al disparo del juez y el empuje sobre los tacos.

Creemos pertinente incluir un apartado sobre el TR en el atletismo de alto nivel actual, que venga a enmarcar los resultados de este trabajo de investigación.

1.4.4.1. Análisis de la reacción al disparo del juez.

En relación a este momento, lo podemos asimilar, en su análisis, al TR: tiempo que transcurre entre el inicio un estímulo elicitor y el inicio de la respuesta solicitada al sujeto (Roca, 1983). Es decir, se excita un receptor en base al disparo, transmite el impulso el SNC, se forma la señal eferente, llega al músculo el estímulo que excita una actividad química, primero mecánica y después conductual (que no refleja) (TM). El TR y el TM se manifiestan como velocidad de Reacción ($VR = TR + TM$). En esta fase abarcaría pues el tiempo que transcurre entre el estímulo sonoro (sonido de la pistola) y el instante en el cual el atleta comienza a ejercer una imperceptible presión sobre los tacos de salida. La validez o no de la salida radica en los estudios de Sage (1977), Roca (1983), Pain y Hibbs (2007), Fernández (2010) e IAAF (2011), mencionados en el apartado de "Anticipación e intercepción" (ver punto 1.1.6.).

1.4.4.2. Empuje que el corredor realiza sobre los tacos.

En cuanto a la actuación de las piernas en esa fase, la pierna retrasada, posee un ángulo de trabajo menor, que inicia una rápida acción de presión-extensión para permitir el traslado hacia delante del cuerpo, de forma que este reciba el impulso sucesivo más potente de la pierna adelantada, la cual extiende también por completo y con gran energía, mientras la rodilla de la pierna atrasada progresa hacia delante-arriba. La pierna adelantada, lleva un retraso de unas 3 o 4 centésimas con relación a la trasera. Sin embargo a efectos de enseñanza el atleta tiene que aplicar la fuerza a la vez. El

tronco se mantiene inclinado adelante. Los brazos, en acción vigorosa, acompañan el movimiento de las piernas. Los primeros apoyos se realizan por detrás de la prolongación del centro de gravedad (CDG) y de la posición normal de carrera que debe adquirirse progresivamente, sin brusquedades. La cabeza en prolongación del tronco mira unos 4 m adelante al suelo. El primer paso es el más corto, incrementándose gradualmente unos 20cm en cada uno de los posteriores, hasta llegar a alcanzar una amplitud normal sobre 13 o 15 pasos. Se busca una posición en la que el CDG se sitúa bastante alto, y que la colocación de los segmentos corporales sea la óptima para aplicar fuerza rápidamente y lograr una puesta en acción lo más explosiva posible (tabla 4).

Tabla 4. Escala de valoración del TR en una salida de tacos (adaptado de Martín, 1993).

Excepcional	Elevado	Medio	Bajo	Pésimo
< 130 ms	130-155	156-185	186-210	210

La reproductibilidad del TR y su estabilidad dependen en gran medida del entrenamiento y como consecuencia del número de repeticiones que se realicen sobre el estímulo elicitor (Zaciorskij, 1972; Zatsiorski, 1989) (tabla 5). En deportistas muy entrenados (por ejemplo, Ben Johnson ex plusmarquista mundial de los 100 m.l.) estos valores aún son menores (0.90-0.97).

Tabla 5. Reproductibilidad del TR (adaptado de Zatsiorski, 1989).

Repeticiones	Grado de reproductibilidad
3 a 5	0.40
7 a 11	0.60 – 0.85
19 a 25	0.75 – 0.85

En esta parte el atleta buscará la predisposición óptima para efectuar una buena puesta en acción y favorecer la transición desde la posición baja hasta la verticalidad. La importancia de la colocación de los tacos de salida es fundamental. Henry (1952) realizó el primer estudio riguroso sobre este tema en el cual exponía la diferencia existente en la curva fuerza-tiempo en los tacos de salida según el nivel deportivo del atleta y según la distancia de separación entre ambos tacos. Posteriormente, Payne y Blazer (1970) analizaron, entre otras cosas, tanto en hombres como mujeres, el tiempo en que el corredor actuaba sobre los tacos empujándolos, y la acción de carrera durante los primeros 9 m. A este respecto, Delecluse, Van Coppenolle, Willems, Diels, Goris, Van Leemputte y Vuylsteke (1995) presentó en su trabajo (tabla 6) los valores tomados con atletas de élite mundial.

Tabla 6. Valores tomados de atletas de élite mundial (adaptado de Delecluse et al., 1995).

Parámetro / Atleta	Echols	Ottey	Jones	Cooman
Velocidad de salida (m/s)	3.31	3.53	3.75	2.91
Tiempo de salida (s)	0.264	0.359	0.369	0.307
Tiempo Taco retrasado (s)	0.155	0.188	0.164	0.144
Impulso Delantero (N/Kg)	15.3	17.8	28.2	20.6
Impulso Trasero (N/Kg)	17.8	17.5	9.3	9.3

Según Kornelyuk (1981, en Hornillos, 2000), los tiempos de respuesta en los diferentes segmentos corporales durante la fase de puesta en acción tras el disparo, son los expuestos en la tabla 7.

Tabla 7. Tiempos de respuestas de diferentes segmentos durante la salida, tras el disparo (adaptado de Hornillos, 2000).

Disparo	Tiempo de reacción (hasta el primer movimiento visible)	Separación de las manos del suelo	Separación de la pierna trasera del taco	Separación de la pierna delantera del taco
0.00 s	0.14 s	0.15 s	0.25 s	0.40 s

Esto clarifica el tiempo de duración comprendido entre 0.30 y 0.40 s, y su relevancia en el tiempo final de la prueba del 100 m.l., de más o menos, un 3-4% del total. Sin embargo, en esta línea, Zatsiorski (1989) afirma que, en los deportes de carácter cíclico, el aporte del TR al resultado es relativamente pequeño; por ejemplo, en la carrera de 100m representa el 2-3% mientras que en la carrera de 1000m, el 0,02%. Podemos afirmar que está sería la contribución porcentual al tiempo total de prueba, sin embargo, por ser en este momento de la prueba (inicio), la contribución cualitativa de este porcentaje al éxito final es determinante. Es por ello que ha sido objeto de numerosos estudios, e incluso, determinado la reglamentación de la prueba, como veremos en el siguiente punto.

1.4.4.3. TR en el atletismo de alto nivel actual.

Los resultados en las pruebas de velocidad han experimentado un salto cualitativo en las últimas décadas, especialmente en relación al TR, que ha sido objeto de atención por los especialistas con el propósito de mejorar el resultado deportivo (Zaciorskij, 1972; Mero y Komi, 1990; García, 1996; Collet, 1999; Palacios, Gonçalves, y Palacios, 2010; Ross, Leveritt y Riek, 2011; Pilianidis, Kasabalis, Mantzouranis, y Mavvidis, 2012; Paradisis, 2013).

Como se demostró en los estudios de García (1996), Palacios et al. (2010) y Pavlović (2015), no siempre el mejor TR correspondió al ganador de la prueba, e incluso atletas con peores TR consiguieron la medalla de oro en la competición. Por ejemplo, los récords mundiales realizados por Usain Bolt (Jamaica) en las pruebas de 100 m.l. y 200 m.l. durante los Campeonatos Mundiales de Atletismo no tuvieron la mejor marca de TR de todos los finalistas en esos eventos mundiales (Palacios et al., 2010). El análisis individual de los resultados de Usain Bolt, en estas dos relevantes competiciones, mostró que no siempre el TR es una garantía del resultado deportivo. Por ejemplo, en los JJOO de Pekín (China) celebrados en 2008, el atleta jamaicano alcanzó la medalla de oro con un record del mundo de 9,69 s en los 100 m.l. y su TR fue de 0,165 s, es decir, consiguió apenas el séptimo tiempo de todos los ocho finalistas de la prueba. Posteriormente, en los Campeonatos del Mundo de Atletismo celebrados en la ciudad alemana de Berlín, en el año 2009, el nuevo record del mundo con 9,58 s, tuvo un TR de 0,146 s, es decir, el sexto entre todos los ocho finalistas.

No obstante, no menospreciamos el papel del TR como factor, incluso de valor psicológico, durante el inicio de la carrera ya que, evidentemente, la ventaja inicial lograda después del disparo, pudiera provocar esfuerzos innecesarios en los velocistas para alcanzar a los más aventajados y, consecuentemente, mayores pérdidas de energía. Por tanto, este puede ser un elemento de preocupación para los atletas más rezagados; por eso los trabajos para mejorar algunas de las fases del TR deben estar presentes en las sesiones de entrenamiento de técnica y velocidad (Collet, 1999; Palacios et al., 2010; Piliandis, et al., 2012; Paradisis, 2013). Como vemos, son muchos los factores de importancia que deben ser tratados durante la preparación de los velocistas en las etapas del entrenamiento a largo plazo.

Indicamos ahora, por ejemplo y como referencia, los datos de TR de la final de 100 m.l. en los pasados JJOO, celebrados en Londres (Gran Bretaña) en 2012 (tabla 8).

Tabla 8. Resultados de los velocistas en la final de 100 m.l. en los JJOO de Londres 2012 (adaptado de Pavlović, 2015).

Viento: 1,5 m/s		TR (en s.)	Resultado (en s.)
1	Usain Bolt	0.165	9.63
2	Yohan Blake	0.179	9.75
3	Justin Gatlin	0.178	9.79
4	Tyson Gay	0.145	9.80
5	Ryan Bailey	0.176	9.88
6	Churandy Martina	0.139	9.94
7	Richard Thompson	0.160	9.98
8	Asafa Powell	0.155	11.99

1.4.5. REGLAMENTO DE LA IAAF CON RESPECTO A LA SALIDA

1.4.5.1. Reglamento de la IAAF para las salidas de una carrera

Las salidas de velocidad en las competiciones de atletismo están reguladas por el siguiente artículo 162 del reglamento de la IAAF (2011):

La salida

162.1. La salida de una carrera deberá estar señalada por una línea blanca de 5 cm de anchura. en todas las carreras que no se disputen por calles individuales, la línea de salida deberá ser curvada, de tal modo que todos los atletas cubran la misma distancia hasta la meta. Para todas las pruebas de cualquier distancia las plazas serán numeradas de izquierda a derecha en el sentido de la carrera.

En todas las carreras hasta 400 m. inclusive (incluida la primera posta del 4 x 200 y del 4 x 400) es obligatoria la salida desde una posición de agachado y hay que usar tacos de salida.

162.2. La salida de todas las carreras se efectuará al disparo de la pistola u otro aparato de salidas aprobado, tirando al aire, después de que el Juez de salidas haya comprobado que todos los atletas están absolutamente inmóviles en sus puestos y en la correcta posición de salida.

Si, por cualquier razón, el Juez de salidas no está satisfecho de que todo está preparado para proceder a dar la salida después de que todos los atletas estén en sus puestos, debe ordenar a todos ellos que se retiren de sus puestos, y los ayudantes de dicho Juez deben situarlos nuevamente en sus puestos respectivos en la línea de reunión.

162.3. En todas las competiciones internacionales, las voces del Juez de salidas serán dadas en su lengua materna, en inglés o en francés, en las carreras hasta 400 m inclusive (incluidas las de 4 x 200 y 4 x 400), serán las equivalentes a "¡a sus puestos!", "¡listos!" y cuando todos los atletas estén inmóviles, se disparará la pistola o se activará el aparato de salidas aprobado. Ningún atleta podrá tocar la línea de salida o el suelo que está delante de ella con sus manos o pies cuando esté en sus puestos.

162.4. Después de la voz de "¡a sus puestos!", el atleta se acercará a la línea de salida, tomará una posición en la que esté completamente en el interior de la calle que se le ha atribuido y detrás de la línea de salida. Las dos manos y, al menos, una rodilla deben estar en contacto con el suelo y los dos pies deben estar en

contacto con los tacos de salida. A la voz de "¡listos!", el atleta se elevará inmediatamente a su posición final de salida, manteniendo el contacto de sus manos con el suelo y el de sus pies con los tacos de salida.

162.5. A la voz de "¡a sus puestos!" o de "¡listos!", según sea el caso, todos los atletas deberán tomar rápidamente, sin dilación alguna, su plena y definitiva posición de partida.

Si un atleta, en opinión del Juez de Salidas,

- a) después de las voces "A sus puestos" o "Listos", y antes del disparo es el causante de que la salida sea abortada, por ejemplo levantando la mano y/o levantándose en el caso de salida agachada, sin razón válida (dicha razón será evaluada por el Juez Árbitro respectivo); o*
- b) incumple las órdenes "A sus puestos" o "Listos, según el caso, o no adopta su definitiva posición de salida después de un tiempo razonable; o*
- c) después de las voces "A sus puestos" o "Listos" molesta a los otros atletas de la carrera haciendo ruido o de otra manera, el Juez de Salidas interrumpirá la salida.*

El Juez Árbitro podrá amonestar al atleta por actitud incorrecta (descalificarle en caso de una segunda infracción de esta norma durante la misma Competición) conforme a los Artículos 125.5 y 145.2.

En los casos donde se considere que una causa externa ha provocado la interrupción de la salida, o cuando el Juez Árbitro no esté de acuerdo con la decisión del Juez de Salidas, se mostrará a todos los atletas una tarjeta verde para indicar que la salida falsa no ha sido cometida por ningún atleta.

Salida falsa

162.6. Un atleta, después de haber tomado la posición plena y definitiva de salida, no deberá iniciar su movimiento de salida hasta que la detonación de la pistola o aparato de salida aprobado sea hecha. si, a juicio del Juez de salida o adjunto/s, comienza su movimiento antes, será considerada salida falsa.

Nota: Cuando se utilice un aparato de control de salidas falsas aprobado por la IAAF (véase el Artículo 161.2 para detalles de funcionamiento del equipo), la evidencia de este equipo será normalmente aceptada como concluyente por el Juez de Salidas.

162.7. Excepto en las Pruebas Combinadas, cualquier atleta responsable de una salida falsa será descalificado.

En las Pruebas Combinadas cualquier atleta responsable de una salida falsa será advertido. Solamente se permitirá una salida falsa por carrera sin la descalificación del (o de los) atleta/s responsable/s de la salida falsa. Cualquier atleta/s responsable/s de posteriores salidas falsas en la carrera serán descalificado/s.

162.8. En caso de una salida falsa, los Ayudantes del Juez de Salidas procederán como sigue, excepto en Pruebas Combinadas, el/los atleta/s responsable/s de la salida falsa serán descalificado/s y una tarjeta roja será levantada frente a él/ellos y una correspondiente indicación se mostrará en el/los respectivo/s señalizador/es de calle.

162.9. El Juez de salidas, o cualquier adjunto, en cuya opinión la salida no fue correcta, hará volver a los atletas disparando la pistola.

1.4.5.2. Reglamento de salida de velocidad para deportistas con discapacidad auditiva

Las salidas de velocidad en las competiciones de atletismo que toman los deportistas con discapacidad auditiva están reguladas por el mismo artículo 162 del reglamento de la IAAF a pesar de sus limitaciones para la ejecución correcta de la salida.

1.4.5.3. Reglamento respecto a la posición del juez en la salida

Según el reglamento IAAF (2011), la posición del juez de salida está estipulada por los siguientes artículos 129.2, 129.3, 129.4 y 129.5:

129.2 El Juez de Salidas tendrá pleno control de los atletas una vez colocados en sus puestos de salida. Cuando un equipo de control de salidas falsas se utilice, el Juez de Salidas y/o un Adjunto designado deberán llevar auriculares para que puedan oír, claramente, cualquier señal acústica emitida en caso de una falsa salida (ver Artículo 161.2).

129.3 El Juez de Salidas se colocará de modo que tenga un control visual completo de todos los atletas durante el desarrollo de la salida. Se recomienda, especialmente en las salidas escalonadas, que se utilicen altavoces en las calles individuales para transmitir las órdenes a los atletas.

Nota: El Juez de Salidas se colocará de modo que todos los atletas se encuentren en su ángulo de visión, siendo éste lo más estrecho posible.

129.4 Para las carreras con salida agachada es necesario que se coloque de modo que pueda verificar que todos los atletas están inmóviles en la posición de "Listos" antes del disparo de la pistola. Cuando no se utilicen altavoces en carreras con salidas escalonadas, el Juez de Salidas se colocará de modo que la distancia que le separe de cada uno de los atletas sea aproximadamente la misma. Si el Juez de Salidas no puede colocarse en ese lugar, la pistola deberá ser colocada en el lugar citado y su accionamiento será efectuado mediante contacto eléctrico.

129.5 Uno o más Adjuntos del Juez de Salidas se designarán para ayudar al Juez de Salidas.

129.6 Cada Adjunto del Juez de Salidas deberá situarse de modo que pueda ver igualmente a cada uno de los atletas que tenga asignado.

1.4.6. TACOS DE SALIDA

Según el reglamento IAAF (2011), los tacos de salida están regulados por el siguiente artículo 161:

161.1 Tienen que usarse tacos de salida en todas las carreras hasta 400 m. inclusive (incluida la primera posta de 4 x 200 y 4 x 400 m.) y no pueden utilizarse en ninguna otra carrera. Cuando los tacos de salida estén en posición en la pista, ninguna parte de ellos debe montar sobre la línea de salida o salir de la calle del atleta.

Los tacos de salida tienen que cumplir con las especificaciones siguientes:

- a) Tienen que ser de construcción enteramente rígida y no podrán ofrecer ninguna ventaja irregular al atleta.*
- b) Serán fijados a la pista mediante clavillos o clavos dispuestos de modo que causen el mínimo daño posible. la disposición permitirá que los tacos de salida sean retirados fácil y rápidamente. El número, grosor y longitud de los clavillos o clavos depende de la construcción de la pista. el anclaje no podrá permitir movimiento alguno durante la salida efectiva.*
- c) Cuando un atleta utilice sus propios tacos de salida deberán cumplir con los requisitos de los anteriores incisos (a) y (b). Pueden ser de cualquier diseño o construcción, siempre que no interfieran a los otros atletas.*
- d) Los tacos de salida cuando sean suministrados por el comité Organizador deberán cumplir, además, con las especificaciones siguientes:*

Los tacos de salida consistirán en dos planchas en las cuales presionarán los pies del atleta en la posición de salida. Estas planchas estarán montadas en una estructura rígida que, de ninguna forma obstaculice los pies del atleta cuando abandone los tacos. Las lanchas deberán estar inclinadas de forma que se acomoden a la posición de salida del atleta, pudiendo ser planas o ligeramente cóncavas. La superficie de estas planchas para los pies deberá estar preparada para acomodar los clavos de las zapatillas del atleta, bien sea con ranuras o hendiduras en la superficie en que se coloca el pie, o cubriendo aquella con un material apropiado que permita el empleo de zapatillas de clavos.

El montaje de estas planchas para los pies sobre una estructura rígida puede ser regulable, pero no puede permitir movimiento alguno durante la salida efectiva.

En todos los casos, dichas planchas deberán ser ajustables delante o atrás, cada una respecto de la otra. Los ajustes tendrán que estar asegurados por firmes tuercas o mecanismos de cierre que puedan ser accionados fácil y rápidamente por el atleta.

161.2 En las competiciones a las que se refiere el artículo 1.1(a), (b), (c) y (f), los tacos de salida tienen que estar conectados a un dispositivo que detecte las salidas falsas, aprobado por la IAAF. el Juez de salidas y/o un adjunto del Juez de salidas designado deberán llevar auriculares que le permitirán escuchar claramente una señal acústica proveniente del aparato de control cada vez que detecte una salida falsa (por ejemplo, cuando el tiempo de reacción es inferior a 100/1000 de s).

Tan pronto como el Juez de salidas y/o el adjunto del Juez de salidas designado oigan la señal acústica y si la pistola ha sido disparada o el aparato de salidas aprobado activado, habrá una anulación y el Juez de salidas comprobará inmediatamente los tiempos de reacción en el dispositivo de salidas falsas con el fin de confirmar qué atleta/s es/son responsable/s de la salida falsa. Se recomienda encarecidamente este sistema para cualquier otra competición.

161.3 En las competiciones a que se refiere el artículo 1.1 (a) a (f) inclusive los atletas tienen que usar los tacos de salida proporcionados por el comité Organizador de la competición y en otras competiciones, en pistas sintéticas, el comité Organizador puede insistir en que se utilicen solamente los tacos de salida que él provee.

1.4.7. SISTEMAS DE DETECCIÓN DEL TIEMPO DE REACCIÓN DE SALIDAS FALSAS

La utilización del detector de salidas falsas es recogida en el artículo 161.2 de las normas de competición de la IAAF (IAAF, 2011) y está recomendado en cualquier otra competición, ya que este sistema elimina cualquier apreciación subjetiva del Juez de Salidas sobre la validez de la misma; apreciación que puede influir tanto en la eliminación de una salida justa, como en la aceptación de una salida antirreglamentaria.

El detector se conecta a la pistola y a los tacos de salida y se activa, emitiendo una señal acústica, cuando el atleta ejerce una fuerza igual o mayor a 27 Kilogramos (Kg) sobre los tacos en un tiempo inferior a 100/1000 de s desde la detonación (100 ms), o si dicha presión se ejerce con anterioridad al disparo. Según Hornillos (2000) el ser humano no es capaz de reaccionar al estímulo sonoro de la pistola antes de 100 ms, por lo que se invalidan aquellas salidas con tiempos de reacción inferiores, tal y como se mencionó en el apartado del reglamento de IAAF (2011).

Si el Juez de Salidas y/o un adjunto designado reciben en sus auriculares la señal, deben anular inmediatamente la salida y comprobar en el dispositivo de salidas falsas que atleta/s son los responsables de la infracción.

En la impresora aparecen registrados los TR de los atletas participantes (figura 20) (LYNX, 2013) y en la tabla saldría un asterisco en el caso de que el atleta haya salido después de la detonación, pero en un tiempo inferior al señalado, y un signo negativo al lado del tiempo (además del asterisco) en caso de que el atleta haya salido antes del disparo (tabla 9).

Tabla 9. Dos ejemplos de los TR registrados de los atletas participantes.

Ejemplo A		Ejemplo B	
Salida en tiempo inferior a 100 ms		Salida antes del disparo	
Calle	Tiempo	Calle	Tiempo
1	0.143	1	0.155
2	0.160	2	0.170
3	0.117	3	0.111
4	0.129	4	0.226
5	*0.087	5	0.195
6	0.155	6	0.200
7	0.203	7	0.148
8	0.179	8	*-0.055

Figura 20. Registro de TR en software de ReacTime® (LYNX, 2013).

Mientras no se detecte claramente un incorrecto funcionamiento del equipo electrónico de detección de salidas falsas y el Juez Árbitro de Salidas haya tomado la decisión de prescindir de dicho equipo, aun cuando el Juez de Salidas no observe visualmente ninguna anomalía en una salida, si se recibe una señal acústica del detector de salidas falsas, se deberá anular dicha salida.

1.4.8. SISTEMA DE SALIDA EN ATLETISMO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD AUDITIVA

Las adaptaciones en los diferentes deportes se suelen concretar en ayudas visuales a las indicaciones de los entrenadores, monitores, jueces y/o árbitros en plena competición. En nuestro país es una costumbre muy extendida en el deporte para sordos que el árbitro de un partido lleve un pañuelo como ayuda complementaria del tradicional silbato cuando los participantes en la competición deportiva son sordos. Agitando el pañuelo a la vez que toca el silbato hace comprender a los deportistas que acaba de anunciar la interrupción de juego por cualquier causa que hubiera ocurrido (Sarriá, 1994; Soto, 2007).

En algunos países o competiciones también se utilizan diferentes técnicas para llamar la atención de los deportistas o darles la salida en la prueba. Por ejemplo, se suelen iluminar con destellos la zona de juego, como las porterías, tablero de la canasta cada vez que el árbitro hace sonar el silbato o pulseras vibratorias en las muñecas de los jugadores, o en los deportes individuales existen dispositivos luminosos para la salida, como es el ejemplo en las salidas desde los tacos en las pruebas atléticas de velocidad (Soto, 2007; Harrison, 2014) o salidas desde las plataformas de natación (Pérez y Sequera, 2012) (figura 21).

Figura 21. Ejemplo de adaptaciones visuales para deportistas sordos. Salidas de natación (foto derecha), pañuelo para el árbitro de un partido de fútbol (foto central) y salidas de velocidad en atletismo (foto izquierda).

A día de hoy las aplicaciones tecnológicas en las salidas que permiten la práctica inclusiva van más allá de estudiar las diferencias en el rendimiento entre los que tienen discapacidad y los que no; además, buscan el desarrollo de sistemas que permitan una práctica deportiva que responda a las necesidades del deportista con discapacidad auditiva, sin que el propio contexto deportivo influya negativamente en su rendimiento cuando compite con otros sin discapacidad (Kurková, Válková y Scheetz, 2011; Pérez-Tejero et al., 2011; Soto-Rey et al., 2014; Soto-Rey y Pérez-Tejero, 2014).

En el atletismo, actualmente, no existe un dispositivo adaptado y homologado en la salida para atletas con discapacidad auditiva por IAAF y/o ICSD aunque recientemente se han hecho diversas pruebas como en el caso del desarrollo de un sistema que consiste en una serie de dispositivos interconectados inalámbricamente para facilitar las salidas en pruebas de velocidad a personas con discapacidad auditiva y así posibilitar al atleta un tiempo de reacción similar al de sus competidores (Enkoa, 2014).

Esos proyectos nacen de las dificultades que se habían detectado en parte de los deportistas sordos a la hora de participar en competiciones con atletas sin discapacidad. En estas pruebas, un atleta con discapacidad auditiva se percata de que el juez ha dado la salida por los movimientos vibratorios producidos en el cuerpo por el sonido del

disparo, por la percepción visual de la explosión cuando la pistola se acciona o por la ayuda de un entrenador que, tras escuchar la orden de salida, da un toque en la espalda del atleta para avisarle del momento de la salida. Todo ello implica un tiempo de reacción muy elevado, lo que les hace comenzar la carrera con retraso desde la salida (Bressler, 1990; Pérez-Tejero et al., 2011; Soto et al., 2011; Soto-Rey et al., 2014; Soto-Rey, Pérez-Tejero y Álvarez-Ortiz, 2015).

Organizaciones de eventos atléticos para personas con y sin discapacidad auditiva, subsanaron esta desventaja con un sistema capaz de detectar automáticamente el disparo de salida y salida falsa –conocida por dos disparos realizados de forma consecutiva- y avisar al atleta mediante señales visuales. Este dispositivo pretende minimizar el tiempo de salida del atleta, de manera que contribuya a mejorar sus marcas y su inclusión en la práctica con personas sin discapacidad (Tecnalia, 2011; Soto-Rey et al., 2014; Soto-Rey et al., 2015).

La principal innovación del sistema es su capacidad para captar el sonido del disparo de salida en el mismo momento en el que el resto de atletas lo reciben a través del oído. Consta de un dispositivo con luces que se coloca en la salida, frente al atleta, y que el entrenador del propio atleta activará a través de un mando inalámbrico. De esta forma, cuando el juez anuncie la salida con un “preparados”, el entrenador activará la luz roja; cuando pronuncie la palabra “listos”, la luz que se encenderá será amarilla; y finalmente, el sistema captará de forma automática el sonido del disparo, momento en el que se pondrá en verde (Tecnalia, 2011; Enkoa 2014; Soto-Rey et al., 2015).

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Nuestra experiencia como atleta de alto rendimiento nos ha hecho constatar en primera persona las limitaciones que se producen en la competición cuando un atleta con discapacidad auditiva compite en una pista de atletismo con otros sin ella (Soto, 2007). Esta limitación se hace más notoria, aun si cabe, en la salida atlética de velocidad, como se ha fundamentado anteriormente. Es por ello que, en la elección del tópico de esta tesis, hay mucho de personal, pero también de compromiso investigador a la hora de analizar las posibilidades de adaptación reales para atletas con esta discapacidad en la realidad de la competición.

Ya ha sido destacada la importancia crucial en el entrenamiento y rendimiento deportivo del TR y la influencia del estímulo visual y auditivo en él (Vogel, 2014), por lo que entendemos que esta importancia es mayor en los atletas con discapacidad auditiva (Wierzbicka-Damska, Samołyk, Jethon, Wiercińska y Murawska-Ciałowicz, 2005; Hartman, Visscher, y Houwen, 2007). Investigaciones llevadas a cabo por diversos autores como son, entre otros, García et al. (1994), Guerrero (2006) y Nougier et al. (1990) parecen evidenciar que es lógico pensar que las demandas visuales en los deportistas son mayores que en la población no deportista debido a que el deporte implica una constante atención visual al desarrollo del juego o la competición. Por tanto, un factor determinante para el éxito deportivo sería la eficacia con la que el sistema visual guiara al sistema motor (Vogel, 2014). La visión deportiva se ocupa de conseguir el máximo rendimiento del sistema visual del deportista e indica que el TR es una variable clave en la mayoría de deportes (Flamme y Williams, 2013; Vogel, 2014). De este modo, la velocidad de TR está muy presente dentro del entrenamiento en diferentes deportes como el atletismo.

En la salida de velocidad, el velocista debe realizar una acción con unos movimientos estereotipados, a partir de la posición de salida, en los que influye enormemente el sonido procedente del juez al activar la salida en la prueba deportiva (Orellana, 2009). Aquí, el TR toma especial relevancia dado que se compite frente a un adversario con unos tiempos muy próximos, por lo que la velocidad de las acciones y la toma de decisiones son factores que inciden crucialmente en el rendimiento final (Fernández, 2010). En relación a la posición de salida, numerosas son las variantes, que el atleta ha ensayado y utilizado a lo largo de la historia, siendo esta fase una de las más importantes en las pruebas de velocidad según distintos autores (Bernia, 1981; Bravo et al., 1990; Fernández, 2005; Hay, 1985; Pascua, Gil-Sánchez, y Marín-Sospedra, 2005).

Sin embargo, en la literatura científica no hay evidencia de que esta situación comporte una desventaja, algo que nuestra experiencia personal y el manifiesto de los propios velocistas nos han trasladado. Es por ello que, dado que el velocista con discapacidad auditiva ha de modificar esta posición para reaccionar, nos parece crucial aplicar el método científico a esta situación, con el objetivo de analizarla y ofrecer posibles soluciones a la misma que reviertan en una competición justa y equitativa para todos.

En las competiciones en las que participan velocistas con y sin discapacidad auditiva, las personas sordas compiten, a priori, en inferioridad de condiciones desde el inicio de la prueba, ya que la “voz de salida” la percibirán con posterioridad respecto a los velocistas sin discapacidad (Pérez-Tejero et al., 2011). Si se empleara un sistema que permitiera igualar las condiciones de salida de todos los competidores se daría la oportunidad de mejorar los registros de los velocistas con discapacidad auditiva. Por otro lado, es conocido que los velocistas con discapacidad auditiva, al competir en las

citadas condiciones, han de modificar su situación de salida en los tacos, ya que han de atender al estímulo visual que supone el humo de la pistola del juez o el movimiento de algún otro atleta. Sin embargo, a día de hoy y en el conocimiento de estos autores, no existe ningún trabajo que estudie esta situación a priori de desventaja para estos atletas, ya que sería lógico suponer que dicha situación afecta negativamente al tiempo de reacción corporal (TRC). Esta es la razón por la que en este estudio se plantean dos situaciones experimentales que distinguen entre la situación del dispositivo visual o luminoso de salida (a 5 m de la salida frente al velocista –simulando al juez y su pistola– o en el suelo frente al velocista en los tacos de salida), por lo que la variable independiente del presente estudio fue la colocación de dicho dispositivo.

La salida atlética, al ser por definición un estímulo sonoro, supone de por sí una desventaja para estos atletas, por lo que la adaptación natural sería un estímulo visual coordinado con el habitual sonoro; sin embargo, tampoco hay estudios al respecto en la bibliografía referente al atletismo, aunque se han realizado con otros deportes (Pérez y Sequera, 2012). El desarrollo del indicado sistema luminoso (utilizado ya en otros deportes de manera convencional como la natación) permitiría, creemos, que los atletas con discapacidad auditiva obtuvieran mejores marcas en las competiciones oficiales usando dichos sistemas. Además, aquellos deportistas sordos que compiten con atletas sin discapacidad, lo harían en unas condiciones más justas y equitativas (Kurková et al., 2011), pudiendo fomentar así situaciones deportivas y competitivas inclusivas (Pérez Tejero et al., 2013).

Es por ello que creemos que los deportistas con discapacidad auditiva se ven actualmente perjudicados en las salidas, en base a la normativa actual del atletismo (IAAF, 2011), haciéndose necesario desarrollar sistemas de salida con estímulos

visuales en lugar de sonoros para atletas sordos que les permitan competir en situaciones de igualdad con atletas sin discapacidad, indagando desde la investigación en el TR del velocista, dependiendo de la posición de salida y el tipo y colocación del estímulo.

PARTE II. ESTUDIO

CAPÍTULO 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

El planteamiento de este estudio surgió al preguntarnos si existían diferencias en cuanto al TR visual y auditivo aplicado a velocistas con y sin discapacidad auditiva, pensando en el desarrollo futuro de competencias inclusivas entre ambos colectivos. Por ello, este estudio trata de resolver las dificultades que los velocistas con discapacidad se encuentran habitualmente en las competencias. A priori, los atletas con discapacidad auditiva compiten en inferioridad de condiciones como consecuencia de una salida que no parece la más adecuada para ellos (desde los tacos, han de mirar hacia la pistola del juez o el movimiento de un rival).

HIPÓTESIS 1: Los atletas con discapacidad auditiva presentarán un TR mayor en la salida habitual desde los tacos de salida que los velocistas sin discapacidad auditiva.

HIPÓTESIS 2: Un estímulo visual en la salida para los velocistas con discapacidad auditiva iguala las condiciones de salida desde tacos entre atletas con y sin discapacidad auditiva.

A partir de las hipótesis anteriores, nos planteamos los siguientes objetivos:

1. Estudiar los valores de TR visual simple manual, TR en salida de tacos y los tiempos de desplazamiento a los 10m y 20m en velocistas con y sin discapacidad auditiva.
2. Analizar las posibles diferencias en TR según posición y tipo de estímulo luminoso, respecto a ambos grupos de atletas.
3. Evaluar cualitativamente, por parte de los propios atletas, el dispositivo luminoso utilizado.

CAPÍTULO 3. MATERIAL Y METODO

3.1. MUESTRA

Este estudio se llevó a cabo entre los meses de febrero y mayo del 2014, en el módulo de atletismo del Centro de Alto Rendimiento Joaquín Blume (Madrid). Se determinaron dos grupos de estudio, uno de velocistas con discapacidad auditiva (VDA) y otro de velocistas sin discapacidad (VsDA). Los criterios de inclusión para los VDA fueron:

- Ser velocista en activo en el momento del estudio, de categoría masculina y especialistas en distancias de 100 ó 200 m.l.
- Disponer de licencia federativa en la FEDS. Tener licencia en esta federación implica manifestar una pérdida auditiva certificada de al menos 55 dB en ambos oídos. Además, en competiciones que sanciona la FEDS, estos velocistas han de competir sin audífonos ni prótesis auditivas.
- Presentar una mejor marca personal entre 11 y 12.5 s en los 100 m.l.
- Estar entrenado para las pruebas en las que compiten, en el momento del estudio.

Por otro lado, los criterios de inclusión para los VsDA fueron los mismos, salvo que éstos tuvieron que disponer de licencia federativa en la Real Federación Española de Atletismo (RFEA). Finalmente en el estudio participaron 9 VDA y 13 VsDA. La edad, grado de discapacidad, pérdida auditiva, mejor marca personal, tiempo practicando atletismo, días y horas de entrenamiento semanal, años en competición o con licencia y grado de discapacidad (ésta última, para VDA) de ambos grupos pueden consultarse en la tabla 10.

Tabla 10. Características de la muestra objeto de estudio, con indicación de las diferencias encontradas entre ambos grupos ($p \leq 0,05$).

	VDA	VsDA	p
Numero de velocistas	9	13	-
Edad	$\bar{x}$ 22.11 años $\pm$ 3.51	$\bar{x}$ 22.0 años $\pm$ 4.29	0.984
Grado de discapacidad	$\bar{x}$ 63.11 $\pm$ 16.74 %	-	-
Pérdida auditiva (en decibelios)	$\bar{x}$ 100.88 $\pm$ 11.93 dB	-	-
Mejor marca personal 100 m.l.	$\bar{x}$ 11.85 $\pm$ 0.359 s	$\bar{x}$ 11.57 $\pm$ 0.468 s	0.141
Mejor marca personal 200 m.l.	$\bar{x}$ 24.56 $\pm$ 1.269 s	$\bar{x}$ 23.56 $\pm$ 1.219 s	0.067
Años en práctica de atletismo	$\bar{x}$ 8.46 $\pm$ 2.75 años	$\bar{x}$ 7.45 $\pm$ 5.16 años	0.602
Días de entrenamiento semanal	$\bar{x}$ 4.22 $\pm$ 1.98 días	$\bar{x}$ 5 $\pm$ 1.15 días	0.258
Horas de entrenamiento en la sesión	$\bar{x}$ 2 $\pm$ 0.25 horas	$\bar{x}$ 2.23 $\pm$ 0.43 horas	0.171
Años en competición o con licencia federativa	$\bar{x}$ 6.56 $\pm$ 3.16 horas	$\bar{x}$ 6.38 $\pm$ 4.21 años	0.919

Según datos de la FEDS (FEDS, 2013), para el año 2012, solo 15 velocistas en esta federación cumplen los criterios de selección determinados en este estudio (de hecho, solo estos 15 compiten en pruebas atléticas de velocidad para 100 m.l.), por lo que este grupo de la muestra objeto de estudio supuso un 60% de la población total de los VDA de la FEDS en el momento del estudio.

Todos los participantes se presentaron de manera voluntaria al estudio a través del contacto con sus entrenadores y se les explicaron el objetivo del mismo, siguiendo las pautas marcadas por la Declaración de Helsinki (2008) y la Ley orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD, 1999). Se les pidió a los velocistas que el entrenamiento realizado 48 horas previas a la realización de la toma de datos fuera con carácter de recuperación, donde se evitaran ejercicios fatigantes, realizándose

entrenamientos de baja intensidad en todo caso. Se pidió igualmente a los participantes no realizar entrenamiento ni actividad física las 24 horas anteriores al experimento.

3.2. MATERIAL

Para la medición y el registro de los datos se utilizaron los siguientes materiales:

Hoja de registro: donde el sujeto registraba género, edad, deporte que practica, deporte en el que compite, tiempo que lleva compitiendo en el deporte, si toma alguna medicación, si ha consumido de alguna bebida energética, si ha consumido algún tipo de sustancia que pueda alterar su TR, número de horas de sueño que realiza diariamente y horas de sueño que disfrutó el día donde se realizó la prueba. El investigador anotaba el orden del registro y el TR registrado en cada uno de los ensayos (ver Anexo I).

Medidor de Tiempo de Reacción (MTR): se trata de un instrumento para la medición del tiempo de reacción electiva visual y auditivo simple manual ante un estímulo lumínico o sonoro. Este aparato ha sido utilizado en estudios anteriores en población sin discapacidad auditiva (Pérez-Tejero et al., 2011; figura 22) y consta de:

- Un interruptor, con un botón donde el sujeto debe pulsar para que se registre su TR.
- En la parte lateral, una luz pequeña dispuesta en forma de bombilla de color blanca para la emisión de la señal visual.
- En la parte frontal, un pequeño altavoz para la emisión de la señal acústica.

Figura 22. Medidor de TR.

- En la parte interior, un panel de control que permite aplicar el funcionamiento y poner en marcha al medidor.
 - En la parte superior, una pantalla de cristal líquido donde reflejan los tiempos de reacción después de ejecutar ante un estímulo visual o sonoro.
 - Dicho aparato presenta series de 4 estímulos lumínicos y 4 sonoros de forma aleatoria y con un intervalo temporal también aleatorio entre cada uno de ellos.
- Las características técnicas de ese aparato quedan reflejadas en el Anexo II. El valor de fiabilidad del MTR es de ± 0.010 ms (Rojo-Lacal, Soto-Rey, Pérez-Tejero y Rojo-González, 2014) (figura 22).

Tacos de salida: este material es el utilizado en las pruebas oficiales de velocidad de la IAAF, y para este estudio, fueron utilizados los disponibles en el módulo de atletismo del Centro de Alto Rendimiento Joaquín Blume (Madrid) (figura 23).

Figura 23. Tacos de salida y ReactTime®.

ReactTime®: para medir el TR, la variable principal de esta investigación, se utilizó el sistema de detección de salidas para TR ReactTime Lynx System Developers, Inc.®. ReactTime® es el único sistema de detección de salidas falsas completamente inalámbrico. Este sistema también se puede utilizar de manera modular como un sistema de entrenamiento de reacción. El sistema es de uso sencillo y puede ser

utilizado para grabar y mostrar los tiempos de movimiento al disparo del atleta con una fiabilidad de 1/1000 ms. El sistema ReacTime® detecta salidas falsas (como define la IAAF en el artículo 162.2), enviando inmediatamente una señal informando al Juez de Salidas. Este sistema, coordinado con los tacos de salida, es el utilizado en pruebas IAAF (figura 23).

Dispositivo luminoso conectado a los tacos de salida: las salidas fueron dadas mediante un dispositivo luminoso desarrollado “ad hoc” para este estudio por el departamento de Tecnología Electrónica (Grupo de Displays y Aplicaciones Fotónicas) de la Universidad Carlos III de Madrid. Se trata de una suerte de semáforo, rectangular, con 3 luces de diferente color en función del aviso por parte del juez de salida: “A sus puestos” con el color rojo, “Listos” con el color amarillo y “Ya”, que indica la salida, con el color verde (figura 24). Dicho sistema de salida tiene unas dimensiones de 5 x 6 x 12 milímetros (mm) y tiene un cable de aproximadamente unos 10 m con un conector jack macho y otro hembra de forma que el primero se conecta a la salida de audio del ReacTime® y el segundo al altavoz (figura 25). La cantidad de luz que emiten los leds del semáforo se controla con un potenciómetro, que se encuentra en un lateral de la caja. El dispositivo tiene una batería de Li-ion recargable de unos 900 miliamperios por hora (mA/h), y en el caso de que la carga sea mínima se enciende un pequeño led de aviso. El prototipo se puede recargar directamente de la red eléctrica o utilizando un ordenador.

Figura 24. Dispositivo luminoso.

Figura 25. Dispositivo luminoso conectado a los tacos de salida.

Células fotoeléctricas: se utilizaron unas células fotoeléctricas “Microgate Polifemo Light” para evaluar los tiempos de desplazamiento a los 10 m y 20 m. Esta instrumentación está fijada a las paredes del módulo de atletismo, y está coordinada a través de un software con los tacos de salida y el sistema ReacTime® (figura 26).

Figura 26. Células fotoeléctricas.

Ordenador y software del ReacTime®: para el registro de datos en los ensayos se utilizó un ordenador portátil modelo ASUS Eee PC 1005 con una pantalla de 10.1

pulgadas WSVGA (1024 x 600 pixeles), retroiluminación LED, sistema operativo “Windows Vista” con unas dimensiones de 262x178x25.9/36.5 mm.

Cámara de video: se utilizó una cámara de video (Canon HG10 – AVCHD) para dejar registros gráficos de las situaciones experimentales y la toma de datos, para poder así comprobar con posterioridad dichas mediciones. La cámara utiliza sistema de alta definición grabado directamente en disco duro, con una capacidad de 40 Gb de hasta 15 horas de video y con una resolución de 1920 x 1080 pixeles. Tiene unas dimensiones de 81x75x129 mm y un peso de 505 gramos. Para sostener dicha cámara contábamos con un trípode.

3.3. MÉTODO

3.3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La metodología utilizada en este estudio fue de tipo correlacional, analizando los resultados del TR simple manual según vía sensitiva (visual y auditiva) entre los dos grupos de VDA y VsDA (conformando la situación experimental 1). También se estudiaron los TR desde la salida de tacos en función de la colocación del dispositivo luminoso (en el suelo y a 5 metros, vía visual) y pistola de salida atlética (vía auditiva) así como el tiempo de desplazamiento a los 10m (t10m) y 20m (t20m) de ambos grupos de velocistas, confirmando las situaciones experimentales 2, 3 y 4, respectivamente. Para éstas últimas, se planteó un diseño mixto con variable independiente entre-grupo (tener o no discapacidad auditiva) e intra-grupo (tipo de estímulo para la salida de velocidad atlética) y como variables dependientes se evaluaron las ya indicadas TR (en ms), t10m y t20m (en s). Para controlar los posibles efectos de orden, se empleó un procedimiento de contrabalanceado incompleto (D'Amato, 1970) en la administración de los experimentos. Finalmente, se desarrolló y llevó a cabo un cuestionario de evaluación por parte de los atletas VDA con el objetivo de conocer el grado de satisfacción después de haber realizado la serie de experimentos con el dispositivo luminoso y adaptado para sistemas de salida en la velocidad atlética.

3.3.2. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

La toma de datos se realizó en unas condiciones idóneas para la realización de las pruebas: el contexto experimental fue un lugar tranquilo dentro del módulo de atletismo, en la propia pista, donde el sujeto estuvo cómodo en las situaciones

experimentales, con iluminación adecuada sin llegar a deslumbrar. Todos los velocistas usaron su vestimenta y calzado propios de la prueba y competición. En esta investigación, en base a los objetivos de estudio determinados, se llevaron a cabo las cuatro situaciones experimentales indicadas, en función de los velocistas que tengan o no discapacidad auditiva, que pasan a detallarse a continuación:

3.3.2.1. Primera toma de datos: VsDA.

1. Recepción, información y cumplimentación de la hoja de registro de datos personales (15 min aproximadamente). Antes de cada una de las pruebas se le explicó a cada sujeto en qué consisten las pruebas, para después cumplimentar la hoja de registro individual, escogiendo por sorteo un número (de uno a tres) para poder determinar el orden de los ensayos en función del estímulo a realizar en el experimento, según el contrabalanceo diseñado. Este período sirvió para que el sujeto se relaje por si llega excitado por cualquier circunstancia.
2. Situación experimental 1 (MTR). En una primera situación experimental, se estudió el TR simple manual, donde el sujeto en posición de sentado se encontraba frente al aparato MTR, situado a unos 40 cm, con el pulsador algo más próximo, a una distancia de 30 cm. Cada sujeto fue sometido a 8 estímulos, cuatro visuales y otros cuatro auditivos, intercalados de forma aleatoria. Antes de este experimento se le explicó al sujeto en qué consistía la prueba y se le dejó un ensayo previo para asegurarnos que el sujeto había entendido bien las instrucciones y asegurarnos unas condiciones óptimas de realización de la prueba (figura 27).

Figura 27. Situación experimental 1 con el MTR.

Tras lo anterior se realizó una medición del TR desde los tacos de salida, realizando un calentamiento previo a la ejecución de las pruebas distribuido en 5 min de carrera suave, ejercicios de técnica de carrera, unas rectas de velocidad progresiva (80m aprox.) con intensidad media y estiramientos, teniendo una duración total aproximada de 15 min.

Las tres situaciones experimentales desde tacos de salida se realizan en función del estímulo, con un intervalo de 5 min de descanso entre las mismas. Se le permitieron dos ensayos previos por cada situación experimental para familiarizarse con la ejecución correcta de las pruebas y asegurarnos que el sujeto había entendido bien las instrucciones. Posteriormente, cada velocista realizó 5 repeticiones/ensayos en cada una de las tres situaciones experimentales en los tacos de salida, con un intervalo de 3 min como mínimo y 5 min como máximo de descanso entre las repeticiones (Viru y Viru, 2003). El procedimiento para realizar las pruebas en función del estímulo fue diferente según el caso, estableciéndose por criterio las tres situaciones experimentales distintas (situación experimental 2, 3 y 4).

3. Situación experimental 2: experimento visual ante un estímulo visual en el suelo (EVsuelo, 5 ensayos) justamente tras la línea de salida y conectado a los tacos de salida (figura 28).

El sistema luminoso, que se encuentra conectado al sistema de salida, se sitúa ligeramente adelantado respecto a la cabeza del deportista, de forma que al mirar hacia el suelo vea con claridad las tres luces. A la voz de “a sus puestos” en el dispositivo se enciende una luz roja. A continuación, tras apagarse la luz roja, se enciende una luz amarilla, lo que indica que el deportista se debe colocar en la posición de “listos”. El momento de la salida será señalizado por el encendido de una luz verde, a la vez que se apaga la amarilla. El velocista realiza un descanso de 3 min para realizar otra prueba con el mismo procedimiento con otros 4 ensayos.

Figura 28. Situación experimental 2 ante un estímulo visual.

4. Situación experimental 3: experimento visual ante otro estímulo visual colocado a 5 metros de los tacos de salida (EV5m, 5 ensayos), reproduciendo la colocación del juez de salida habitual en este tipo de salidas, y según el reglamento de la IAAF

(2011, ver punto 1.4.5.3), donde el sistema luminoso está conectado a los tacos (figura 29).

El velocista se sitúa, en los tacos de salida, en la calle de la pista de atletismo con el sistema luminoso colocado a 5 m de la salida y a un m de altura respecto del suelo. El investigador activará con su mando al sistema luminoso, estando fuera del campo de visión del velocista. El velocista tiene que mantener la visión hacia el dispositivo luminoso durante la puesta en marcha de la técnica de salida atlética “A sus puestos” con una luz activada en color rojo. Después de unos 3-5 s sale otra luz (amarillo), activada por el investigador, entonces el atleta se coloca en posición “Listos” sin desviar la visión hacia el dispositivo luminoso. Después de unos 3 s, el dispositivo luminoso presenta la luz (verde) con el fin de que el velocista salga de sus tacos de salida en el menor tiempo posible y sprint al máximo sobre los 20 m. El velocista realiza un descanso de 3 min para realizar otra prueba con el mismo procedimiento con otros 4 ensayos (figura 29).

Figura 29. Situación experimental 3 ante otro estímulo visual colocado a 5 metros de los tacos de salida.

5. Situación experimental 4: experimento ante un estímulo auditivo (EA), como una salida real de una prueba de velocidad en atletismo (5 ensayos) (figura 30).

En esa situación, el velocista se sitúa, en los tacos de salida, en la calle de la pista de atletismo donde realiza su técnica de salida atlética durante la puesta en marcha de la salida “A sus puestos” y después salta la voz: “Listos” para que el mismo atleta pueda colocar en la posición requerida de “Listos”. Del dispositivo de salida sale un sonido de disparo procedente de la pistola con el fin de que el velocista salga de sus tacos de salida en el menor tiempo posible y realice un sprint al máximo sobre los 20 m. El velocista realiza un descanso de 3 min para realizar otra prueba con el mismo procedimiento con otros 4 ensayos (figura 30).

Figura 30. Situación experimental 4 ante un estímulo auditivo.

A modo de resumen, la tabla 11 presenta el protocolo experimental para VsDA.

Tabla 11. Tabla resumen con el protocolo experimental para la 1ª toma de datos.

1ª TOMA DE DATOS			
VsDA (n = 13)			
Situación experimental	Registros		Variables
1. MTR	Visual (4)	Auditivo (4)	TR
2. EVsuelo	5		TR, t10m, t20m
3. EV5m	5		TR, t10m, t20m
4. EA	5		TR, t10m, t20m

3.3.2.2. Segunda toma de datos: VsDA y VDA.

Al igual que en la primera toma de datos, en una primera situación experimental, se realizó a los VDA un registro de su TR usando el MTR, aunque tuvieron que percibir las ondas sonoras del estímulo auditivo con el tacto a través de su mano por encima del aparato. En las siguientes situaciones experimentales, se realizaron dos mediciones del TR visual (EV5m y EVsuelo) y una para el TR auditivo (EA) siguiendo el mismo procedimiento indicado en el punto 3.3.2.1. En el caso de EA, en esta ocasión se diseñó una salida conjunta entre un velocista sin discapacidad auditiva y otro con ella, de forma que éste último percibiera la salida a través del movimiento corporal de su compañero, o, en algunos casos, percibiendo las ondas sonoras de la pistola de salida a través de las vibraciones corporales (tacto). Por criterio, para dicha situación se escogió al mejor VsDA con menor (mejor) TR ante el estímulo auditivo desde los tacos de salida de los 13 velocistas registrados en la primera toma de datos (figura 31).

Figura 31. Situación experimental de un VDA ante un estímulo auditivo.

Posteriormente los atletas VDA cumplieron el cuestionario cualitativo de evaluación y satisfacción sobre los experimentos desarrollados (ver Anexo III).

El protocolo experimental planificado para esta segunda toma de datos fue el siguiente (tabla 12):

Tabla 12. Tabla resumen con el protocolo experimental para la 2ª toma de datos.

2ª TOMA DE DATOS				
Situación experimental	VsDA (n = 1)	VDA (n = 9)		
	Registros		Variables	
1. MTR	-	Visual (4)	Auditivo (4)	TR
2. EVsuelo	-	5		TR, t10m, t20m
3. EV5m	-	5		TR, t10m, t20m
4. EA	5	5		TR, t10m, t20m

Durante la toma de datos, la colocación del investigador, el ruido de los aparatos y otros detalles fueron cuidados para evitar que se produjeran anticipaciones o pérdidas de atención. El investigador se colocó detrás del MTR y de los tacos de salida, siempre fuera del campo visual del velocista y los botones (MTR y pistola de salida) se pulsaron paulatinamente de modo que no produjeran ruido alguno. Para evitar cualquier posible efecto de las instrucciones sobre las estrategias propias de cada velocista, el orden de los ensayos varió de unos velocistas a otros, utilizando un contrabalanceo incompleto, ya que el grupo se dividió en tres subgrupos equivalentes, de manera que uno de ellos realizó las situaciones experimentales en el siguiente orden: primer grupo EA - EVsuelo - EV5m, segundo grupo EV5m - EA - EVsuelo y por último tercer grupo EVsuelo - EV5m - EA. El resultado de cada velocista para cada uno de los estímulos se calculó realizando la media de todos los ensayos en cada prueba. El número de ensayos fue suficiente para hacer una media estable para todas las situaciones experimentales,

teniendo en cuenta la variabilidad del TR y para que la fatiga no afectase a los resultados (Zaciorskij, 1972; Viru y Viru, 2003)

3.3.2.3. Evaluación cualitativa del dispositivo luminoso.

Tras ambas tomas de datos y para comprobar la idoneidad del diseño y funcionamiento del dispositivo y la satisfacción por parte de los VDA que lo utilizaron, se les administró a todos ellos un cuestionario de valoración cualitativa del mismo, que atendía a las siguientes dimensiones de análisis (ver Anexo III): datos personales (marcas personales, horas de entrenamiento, etc.), adaptaciones previas realizadas en la competición (pregunta 1), calidad de la percepción con el dispositivo luminoso utilizado (pregunta 2), opinión sobre la pertinencia de su uso en competición inclusiva (pregunta 3), preferencias sobre las características técnicas (color, forma, con/ sin cable, colocación, etc.; preguntas 4, 5 y 6), y valoración sobre si su uso mejoraría las marcas en competición (pregunta 7).

3.3.3. ESTUDIO PILOTO

Con el objetivo de comprobar la viabilidad de la metodología descrita y probar en el contexto de análisis real el protocolo experimental expuesto, se realizó un estudio piloto con el fin de conocer las posibles diferencias del tiempo de reacción visual (TRV) desde los tacos de salida en velocistas con discapacidad auditiva, usando para dicha salida un estímulo visual mediante un dispositivo luminoso coordinado con la señal sonora de salida (ver punto anterior 3.3.2.; Soto-Rey et al., 2015). En dicho pilotaje participaron 4 velocistas con discapacidad auditiva de nivel nacional. El dispositivo luminoso se colocó de dos maneras distintas para cada velocista, una para cada una de las

situaciones experimentales indicadas: con el dispositivo en el suelo y a 5 m de la salida, donde los velocistas estudiados presentaron un TRV medio de 0.232 ± 0.018 s para la primera situación y de 0.268 ± 0.038 s para la segunda, respectivamente. En este pilotaje el TRV fue menor y más homogéneo con el dispositivo en suelo que con el dispositivo colocado a 5 m de los tacos de salida, si bien no se registraron diferencias significativas ($p=0.059$; Soto-Rey et al., 2015).

3.3.4. PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS UTILIZADOS

Con el fin de analizar la distribución de los datos y su normalidad, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, dicha prueba arrojó resultados de normalidad para todas las variables analizadas. En relación a las variables de las situaciones experimentales EA, EVsuelo y EV5m éstas mostraron una distribución normal. Es por ello que en el presente trabajo de investigación se utilizó estadística paramétrica. Como medidas descriptivas, se calcularon el máximo, mínimo, media y la desviación estándar. Para el estudio del TR se utilizaron los valores obtenidos, si bien los valores situados más de dos veces la desviación típica por encima de la media (valores atípicos) fueron eliminados del análisis. De igual forma se eliminaron los valores menores a los criterios de salida nula ($TR < 100$ ms, art. 161.2, IAAF 2011). En relación a las situaciones experimentales, para estudiar las posibles diferencias en las variables estudiadas dentro de cada grupo de velocistas (intragrupo) en la situación experimental 1 (MTR), se empleó una prueba T de Student para muestras independientes. En las situaciones experimentales 2, 3 y 4, para conocer las diferencias entre ambos grupos de velocistas en cada situación, se utilizó igualmente la prueba T para muestras independientes, mientras que un ANOVA simple (con post hoc Bonferroni) se utilizó para analizar las

diferencias para cada grupo (VDA y VsDA) por situación experimental. Así mismo, se utilizó un ANOVA de medidas repetidas, donde el tipo de estímulo (situación experimental) fue la variable intra-grupo y el grupo de velocistas participantes (VDA y VsDA) la entre-grupo, realizándose esta prueba para evaluar en cada situación el TR, t10m y t20m, y las interacciones entre las variables; en este caso, se atendió al cociente F para conocer el efecto de las interacciones entre las dos variables y ver cómo una afectó a la otra, mientras que se utilizó la prueba de Greenhouse-Geisser para calcular la esfericidad, que arrojó un valor de 0.75, adecuado para este tipo de experimentos (Thomas y Nelson, 2007), indicándose así mismo el valor del tamaño del efecto, en cada caso. Para el tratamiento estadístico fue utilizado el paquete estadístico SPSS 18.0 (Chicago, IL, EEUU). Los niveles de significación fueron establecidos para un $\alpha \leq 0.05$, indicando el valor de p en cada caso. En cuanto al cuestionario de evaluación cualitativa por parte de los VDA se desarrolló con las siguientes tipologías de preguntas y su respuesta: 2 preguntas cerradas de respuesta en escala tipo Likert de 5 puntos, 1 pregunta de respuesta y dicotómica, y 4 preguntas cerradas de multi-respuesta. Previamente a su administración, el cuestionario fue previamente revisado y analizado por dos expertos en sociología y estadística para chequear la pertinencia del tipo de pregunta, así como su validez en relación al objeto de estudio.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. RESULTADOS DEL MTR

Lo primero que nos planteamos fue valorar la totalidad de los 176 datos obtenidos (8 datos por sujeto para los 9 VDA y 13 VsDA, eliminando del análisis, los valores atípicos estadísticos) en la situación experimental 1, en la que se usó el MTR. Dichos valores atípicos, calculados estadísticamente, son los indicados en la tabla 13. Consideramos de interés destacar que ningún valor atípico, para ambos instrumentos y estímulos, se registró por debajo de las 100 ms (el valor mínimo registrado fue de 143 ms), por lo que ninguno de los valores está por debajo del tiempo de latencia (Pain y Hibbs, 2007; Fernández, 2010) ni del criterio reglamentario de la IAAF (IAAF, 2011).

Tabla 13. Valores atípicos(en s).

	Visual		Sonoro	
	N	Valor	N	Valor
VsDA	1	0.275	3	0.329
				0.330
				0.321
VDA	5	0.341	0	-
		0.305		
		0.283		
		0.271		
		0.260		

En la muestra estudiada, concretamente en el estímulo visual, el grupo de VDA obtuvo una media de $0.195 \text{ s} \pm 0.018$ y el de VsDA alcanzó una media de $0.197 \text{ s} \pm 0.022$. Mientras el TR sonoro evaluado registró valores superiores a los visuales con $0.237 \text{ s} \pm 0.045$ para los VsDA y $0.230 \text{ s} \pm 0.016$ para los VDA, aunque utilizaron el estímulo táctil para percibir el sonido, respectivamente (tabla 13) (figura 32). Tras ello,

y con objeto de evaluar las diferencias entre ambos estímulos medidos con el instrumento de MTR, se aplicó un test “T” para la comparación de medias para muestras independientes según tipo de estímulo (estímulos visuales y sonoros), no encontrándose diferencias significativas entre ambos grupos (TR Visual: $t(20) = -0.244$, $p = 0.8$; TR Sonoro: $t(20) = -0.413$, $p = 0.6$).

La evaluación de las diferencias de los estímulos entre grupos según tengan o no discapacidad, se realizó una prueba T para muestras relacionadas, en la que se hallaron diferencias significativas respecto de los VDA ($t(8) = -4.218$; $p = 0.003$) y de los VsDA ($t(12) = -3.252$; $p = 0.007$) a favor del estímulo visual, lo que nos hace pensar que el TR visual es más rápido que el táctil/sonoro en ambos grupos (tabla 14).

Tabla 14. Resultados estadísticos descriptivos de cada grupo en MTR (en s) y diferencias de los estímulos entre grupos según tengan o no discapacidad ($p \leq 0.05$).*

Grupo	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	p
MTR Visual VDA	9	0.166	0.216	0.195	0.018	0.003*
MTR Sonoro VDA (Táctil)	9	0.208	0.258	0.230	0.016	
MTR Visual VsDA	13	0.172	0.231	0.197	0.022	0.007*
MTR Sonoro VsDA	13	0.182	0.325	0.237	0.045

Figura 32. Resultados estadísticos de cada grupo en diagrama de cajas.

4.2. RESULTADOS DEL REACTIME

Para analizar los 990 datos obtenidos en las situaciones experimentales 2, 3 y 4 (45 datos por sujeto: 5 en TR, t10m y 5 en t20m, por cada una de las tres situaciones experimentales) fueron eliminados del análisis, por criterio los valores atípicos estadísticos (tabla 15). Al igual que en el caso del MTR, consideramos de interés destacar que ningún valor atípico se registró por debajo de las 100 ms (el valor mínimo registrado fue de 124 ms) (Fernández, 2010; Pain y Hibbs, 2007), ni ningún “nulo” según la normativa deportiva indicada (IAAF, 2011).

Tabla 15. Número de valores atípicos e indicación del valor atípico mínimo en los datos registrados del Reactime® (en s según situación experimental). *El dato de 0.125 s (EVsuelo) se mantiene en los datos por ser reglamentario según las normas de IAAF (mínimo 0.100 s) (IAAF, 2011).

Situación experimental 2 (EVsuelo)											
VDA						VsDA					
TR		t10m		t20m		TR		t10m		t20m	
N	Valor	N	Valor	N	Valor	N	Valor	N	Valor	N	Valor
4	0.269	-	-	-	-	4	0.377	1	2.459	-	-
	0.272						0.385				
	0.125*						0.450				
	0.255						0.484				
Situación experimental 3 (EV5m)											
VDA						VsDA					
TR		t10m		t20m		TR		t10m		t20m	
N	Valor	N	Valor	N	Valor	N	Valor	N	Valor	N	Valor
-		-		-		4	0.711	-		-	
							0.680				
							0.685				
							0.514				
Situación experimental 4 (EA)											
VDA						VsDA					
TR		t10m		t20m		TR		t10m		t20m	
N	Valor	N	Valor	N	Valor	N	Valor	N	Valor	N	Valor
1	0.658	1	2.706	1	4.345	3	0.253	-	-	2	3.765
							0.247				3.769
							0.246				

El número de salidas falsas que fueron efectuadas por los 9 VDA, fue de 7 con el EVsuelo, 6 con el EV5m y 8 con el EA, mientras los 13 VsDA, registraron 3 salidas falsas con el EVsuelo, 3 con el EV5m y 1 con el EA.

La prueba T arrojó diferencias significativas entre ambas poblaciones objeto de estudio, siendo más rápidos los VDA en la situación experimental 2 (EVsuelo) y los VsDA en la situación experimental 4 (EA), no existiendo diferencias entre ambas para TR en la situación experimental 3 (EV5m) (tabla, 16, 17, 18 y 19). Respecto a las

variables t10m y t20m, se registraron diferencias EA del t10m, EV5m del t20m y EA del t20m, a favor de VsDA (tabla, 16, 17 y 18).

Tabla 16. Resultados estadísticos descriptivos de cada grupo en TR (en s) y diferencias de los estímulos entre grupos según tengan o no discapacidad ($p \leq 0.05$).*

Variable	Situación experimental	Discapacidad	N	Media	Desviación típica	p
TR	2 (EVsuelo)	VDA	43	0.191	0.025	*
		VsDA	61	0.210	0.025	
	3 (EV5m)	VDA	45	0.290	0.049	ns
		VsDA	61	0.268	0.074	
	4 (EA)	VDA	44	0.396	0.045	*
		VsDA	62	0.174	0.021	

Tabla 17. Resultados estadísticos descriptivos de cada grupo en t10m (en s) y diferencias de los estímulos entre grupos según tengan o no discapacidad ($p \leq 0.05$).*

Variable	Situación experimental	Discapacidad	N	Media	Desviación típica	p
t10m	2 (EVsuelo)	VDA	45	2.231	0.058	ns
		VsDA	64	2.214	0.097	
	3 (EV5m)	VDA	45	2.329	0.070	ns
		VsDA	65	2.285	0.119	
	4 (EA)	VDA	44	2.448	0.065	*
		VsDA	65	2.163	0.092	

Tabla 18. Resultados estadísticos descriptivos de cada grupo en t20m (en s) y diferencias de los estímulos entre grupos según tengan o no discapacidad (* $p \leq 0.05$).

Variable	Situación experimental	Discapacidad	N	Media	Desviación típica	p
t20m	2 (EVsuelo)	VDA	45	3.561	0.124	ns
		VsDA	65	3.503	0.167	
	3 (EV5m)	VDA	45	3.698	0.144	*
		VsDA	65	3.601	0.190	
	4 (EA)	VDA	44	3.823	0.147	*
		VsDA	63	3.423	0.144	

Tabla 19. Resultados estadísticos descriptivos en relación al TR (en ms) según grupo y situación experimental, VDA (situación experimental 2) y VsDA (situación experimental 4), respectivamente (* $p \leq 0.05$).

Situación experimental	Discapacidad	N	Media	Desviación típica	p
2 (EVsuelo)	VDA	43	0.191	0.025	ns
4 (EA)	VsDA	62	0.174	0.021	

Se realizó un ANOVA simple apareciendo diferencias significativas en todas las situaciones experimentales dentro de cada grupo y para todas las variables, por lo que estadísticamente, las situaciones experimentales son diferentes entre sí. En relación al de ANOVA medidas repetidas, para la variable TR, como ya se indicó, la prueba de esfericidad se mostró adecuada, existiendo diferencias significativas en las varianzas de los pares de medias. El valor de F indica que existieron diferencias entre las diferentes situaciones experimentales en cuanto a TR, incluso cuando éstas se relacionaban con el

factor discapacidad (factor interacción, $p \leq 0,05$). Queda claro que las situaciones son distintas entre sí, también teniendo en cuenta la discapacidad. El η^2 (eta al cuadrado) (tamaño del efecto, para la interacción) indica que el 91.7% de la variación se deben a las condiciones del estudio, y no al error (indicador de la generalización de los resultados del estudio).

En la figura 33 pueden observarse los valores de TR para cada una de las muestras (VDA y VsDA) en función de la situación experimental dada.

Figura 33. Gráfica de los valores de TR para cada una de las muestras (VDA y VsDA) en función de la situación experimental dada.

Para las situaciones 3 y 4, la prueba de esfericidad se mostró algo más distante en las dos variables (96.0 para t10m y 99.9 para t20m), existiendo diferencias significativas en las varianzas de los pares de medias. El valor de F vuelve a indicar que existieron diferencias entre las diferencias situaciones experimentales en cuanto a TR,

incluso cuando éstas se relacionaban con el factor discapacidad (factor interacción, $p \leq 0.05$). Queda claro que para t10m y t20m, las situaciones se mostraron distintas entre sí, también teniendo en cuenta la discapacidad. Para η^2 indica que el 82.9% del t10m y 61.9% del t20m de la variación, se deben a las condiciones del estudio y no al error. En las figuras 34 y 35 pueden observarse los valores de t10m y t20m para cada una de las muestras (VDA y VsDA) en función de la situación experimental dada.

Figura 34. Gráfica de los valores de t10m para cada una de las muestras (VDA y VsDA) en función de la situación experimental dada.

Figura 35. Gráfica de los valores de t_{20m} para cada una de las muestras (VDA y VsDA) en función de la situación experimental dada.

4.3. RESULTADOS DEL CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN Y SATISFACCIÓN DEL DISPOSITIVO

Los atletas estudiados que participaron en el estudio habían utilizado para tomar la salida los siguientes sistemas de adaptación por orden de frecuencia: dispositivo luminoso, humo de la pistola de salida, aviso táctil en el hombro o gestual por parte de otra persona, vibración por las ondas sonoras del disparo de pistola, pañuelo a través del juez auxiliar y audífono.

La evaluación del dispositivo luminoso fue positiva en relación a la iluminación, comodidad de uso, ubicación y color. Además respecto al tamaño, adecuación del dispositivo y del equipamiento necesario para adaptar al sistema de salida, y el cable, todos ellos fueron percibidos de manera adecuada por los atletas.

La totalidad de los atletas creen rotundamente que el dispositivo luminoso favorecería la adaptación al sistema de salida atlética para permitir una competición inclusiva.

Los resultados referentes al color de las bombillas indican que “Preparados” se prefiere al color rojo, para “Listos” el naranja y el verde para indicar la salida “Ya”, como el sistema utilizado para el estudio similar a un semáforo de tráfico.

Para facilitar el manejo del dispositivo sería ideal que fuera inalámbrico y colocarlo justo por delante de los tacos de salida justamente por debajo de la cabeza del atleta con la visión hacia el suelo durante la ejecución de la salida atlética.

Todos los velocistas concluyen que el dispositivo luminoso favorecería el rendimiento o mejora de marca en la competición.

No realizaron ninguna apreciación negativa o comentario sobre el dispositivo y el sistema de salida (tabla 20).

Tabla 20. Resultados del cuestionario de evaluación – satisfacción de los VDA participantes en el estudio.

	Aspecto a evaluar del dispositivo	N	Respuesta	$\bar{x}$ de 1 a 5
1	Adaptación personal a la salida de carrera atlética en competición real (ordenarlas según frecuencia de uso/experiencia)	9	Pañuelo	3.33
			Vibración	3.55
			Audífono	2.66
			Aviso gestual por parte de otra persona	3.55
			Humo de la pistola de salida	3.88
			Visual luminoso	4
2	Percepción con el dispositivo luminoso (valoración del 1 al 5)	9	Tamaño	3.66
			Color	4.11
			Iluminación	4
			Ubicación	4.11
			Manejo	4.11
			Adecuación del dispositivo y del equipamiento necesario para adaptar al sistema de salida	3.44
			Cable	3
	Aspecto a evaluar del dispositivo	N	Respuesta	Nº respuestas
3	¿Cree que el dispositivo luminoso favorecería su adaptación al sistema de salida en la velocidad de atletismo para permitir una competición inclusiva?	9	Si	9
			No	0
			No estoy seguro	0
4	¿Qué colores prefiere para la instalación en las 3 luces?	9	Preparados: color.....	Rojo: 8 Amarillo: 1
			Listos: color.....	Verde: 1 Naranja: 6
			Ya: color.....	Rojo: 1 Azul: 1
				Verde: 8 Azul: 1
5	¿Prefiere que el dispositivo luminoso sea.....?	9	Inalámbrico	8
			Con cable conectado a la pistola de salida	1
			De otra forma, ¿cómo?	0
6	¿Dónde cree que debería colocarse el dispositivo luminoso?	9	En el suelo	9
			Enfrente a 5-10 m de la salida, ¿cuál?	0
	Aspecto a evaluar del dispositivo	N	Respuesta	$\bar{x}$ de 1 a 5
7	¿Cree que el dispositivo luminoso favorecería el rendimiento o mejora de marca en la competición?	9	(valoración del 1 al 5)	4.77
	Aspecto a evaluar del dispositivo	N	Respuesta	Nº respuestas
8	Algún aspecto de su interés que no haya sido recogido por este cuestionario	0	-	-

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

La importancia del TR en el rendimiento en el deporte es un aspecto destacado en la bibliografía en relación al tema. Autores referentes en el ámbito de las Ciencias del Deporte, como Flamme y Williams (2013) o Vogel (2014) han manifestado la importancia del TR en el deporte, en sus aplicaciones por ejemplo al atletismo (atletas que reaccionan antes por estar más cerca a la fuente de sonido) o destacando su papel en personas con discapacidad auditiva (Hartman et al., 2007; Vogel, 2014). Sin embargo, poca atención se ha dispensado en relación a las personas con discapacidad auditiva y el atletismo. La discapacidad auditiva, al ser entendida como una condición de salud que no entraña riesgo para la vida, muchas veces es infravalorada en sus consecuencias sobre el desarrollo y mejora de las capacidades perceptivo motrices de quienes la presentan. Ello, junto con el hecho de que es una discapacidad que a primera vista no es reconocida en quien la presenta, hace que las adaptaciones en contextos educativos, tales como problemas de atención en clase (Soto y Pérez-Tejero, 2014), o deportivos como limitaciones en el TR en eventos deportivos (Vogel, 2014) no se entiendan como una prioridad.

Es por ello que este estudio es original en la bibliografía, y responde a una necesidad real de los deportistas y VDA en nuestro país y en nuestro entorno (Soto, 2007; Soto-Rey y Pérez-Tejero, 2014; Reina y Pérez-Tejero, 2014; Soto et al., 2015). Este estudio se presenta como una demanda real del colectivo de personas sordas en el deporte, en su interés de ser partícipes en condiciones de igualdad, con el resto de deportistas, desde un planteamiento inclusivo de los eventos deportivos (Kurková et al., 2011; Pérez et al., 2012), en nuestro caso, en un deporte con tanta tradición en este

colectivo como el atletismo. Queda pues manifiesto que, en las condiciones actuales, los VDA y nosotros mismos en las competiciones deportivas (Soto, 2007) presentamos una desventaja clara en la salida debido al tipo de estímulo sonoro utilizado en la salida atlética desde los tacos, por lo que se hizo necesario plantear el presente trabajo de investigación.

Otro aspecto importante a destacar, previo a la discusión de los datos de este trabajo de investigación, es la falta de una definición adecuada de los conceptos y términos relativos al TR que ayude a los científicos a homogeneizar sus estudios y conclusiones (Martínez y Sillero, 2014). Es por ello que en el marco teórico fue definido explícitamente el concepto de TR, sus componentes y su fundamentación anatómico fisiológica, con indicación expresa de sus aplicaciones a las salidas de tacos en pruebas de velocidad (Pérez-Tejero et al., 2011).

Uno de los aspectos relevantes de este trabajo es la medición en diferentes situaciones, con instrumentación distinta y con situaciones experimentales distintas, del TR en velocistas con y sin discapacidad auditiva. Ello supuso el desarrollo de un diseño de investigación que respondió a las necesidades planteadas por los objetivos del estudio, así como el desarrollo de instrumentación específica (Rojo-Lacal et al., 2014; Soto-Rey et al., 2015) y distintas situaciones experimentales que reprodujeran las condiciones de práctica y competición real de VsDA y VDA en las pruebas atléticas de velocidad, y más concretamente, en las salidas.

En nuestro estudio, los valores obtenidos en las situaciones de TR simple manual (TRSM) medido con el MTR, tanto para estímulos visuales como sonoros, estarían en consonancia con los resultados obtenidos por Soto et al. (2011), Pérez-Tejero et al. (2011) y Martínez (2013) al estudiar el TRSM ante estímulos visuales. El análisis

estadístico mostró diferencias significativas entre los estímulos visuales y sonoros medidos con el MTR, siendo menor el TR ante el estímulo visual que ante el sonoro, tanto para los atletas con discapacidad auditiva como para los que no la presentaron (ver Tabla 14).

Los autores consultados en relación a este tema presentan conclusiones contrarias a las nuestras: Sage (1977), Roca (1983) y Cardinali (2007) afirman que el estímulo sonoro tiene menor TR, posiblemente debido a que las condiciones de medición de los trabajos de estos autores sean distintas y lo que se midiera no fuera el TR sino la respuesta de reacción. Además, parece ser que casi todos los autores se refieren al estudio realizado por Sage (1977), siendo citado sucesivamente sin ser evaluado experimentalmente hasta la fecha. Seguramente el TR depende de muchos factores asociados a la especificidad del deporte y es por ello que se necesitan herramientas de valoración específicas, en este caso, para una situación de tan alta demanda perceptiva como es la salida en pruebas de velocidad atlética.

Sorprendente para nosotros es la afirmación de Cardinali (2007), neurofisiólogo, indicando que el TR menor para los estímulos auditivos se debe al menor número de sinapsis existentes en la vía auditiva en referencia a la vía óptica, lo cual no ocurre así como se ha explicado en el marco teórico y con la peculiaridad de que las sinapsis que se establecen a nivel de la retina son en su mayoría de tipo eléctrico y por tanto no hay pérdida de tiempo en el paso de la señal de una neurona a otra (Guyton, 1997). Igualmente Guerrero (2006), menciona que, en función del estímulo que se reciba, los TR serán diferentes: auditivo 0.143 s, táctiles 0.157 s y visual 0.194 s. En función de los resultados obtenidos en este trabajo, entendemos que el TR es mayor para los estímulos

auditivos que para los visuales, y que, probablemente, esto se deba al mayor número de sinapsis en la vía auditiva.

Coincidimos con McLeod y Jenkins (1991, en Duarte et al., 2003), en que el efecto de la práctica deportiva y el entrenamiento son factores determinantes en la reducción del TR en atletas versus no atletas. También estamos de acuerdo con Whiting (1979, en Duarte et al., 2003) y Alves (1985) que señalaron la influencia del entrenamiento deportivo en el TR, resultando las mejoras de centésimas o incluso décimas de segundo. Sin embargo, otros autores como Nougier et al. (1990) sugieren que, a pesar de haber verificado en sus estudios algunas diferencias en el TR relativo a la práctica deportiva, opinan que la disminución del TR, por sí misma, es un parámetro insuficiente para hacer estimaciones en relación al efecto de la práctica deportiva sobre el rendimiento. A este respecto, en nuestro caso y para el TR, en el atletismo convencional se sabe que el TR es un aspecto determinante en el rendimiento final de las pruebas de 60 ó 100 m.l. (García, 1996; Collet, 1999; Palacios et al., 2010; Piliandis et al., 2012; Paradisis, 2013). Sin embargo, dadas las diferencias observadas en este estudio, podemos inferir que la situación de desventaja en la situación convencional (reproducida en la situación experimental 4, EA en este trabajo) es claramente desfavorecedora para los VDA respecto a VsDA, donde el TR es de 0.396 s vs 0.174 s ($p < 0,05$), respectivamente (tabla 16 y figura 33). Esto además se corrobora con el hecho de que las diferencias respecto a VsDA van aumentando a los 10m y 20m (t_{10m} y t_{20m}).

Hemos de indicar, llegado este punto, que el hecho de haber demostrado que existen diferencias en el TR entre ambos estímulos, visual y sonoro, condiciona las salidas en las pruebas de velocidad que se dan en los deportes individuales, como el

atletismo o la natación. Ésta es una situación típica del TRSM en la que hay un estímulo, normalmente acústico como el disparo de una pistola y una respuesta que consiste en iniciar la carrera (Henry, 1952). Casi todos los movimientos rápidos que se requieren en el deporte conllevan una reacción; por eso el TR es una parte y un componente fundamental de las pruebas de velocidad atléticas.

Según Sage (1977), el promedio del TR auditivo que acostumbra a ser el más rápido, se mueve alrededor de las 170 ms con dispersiones de 30 ms, y por tanto, las latencias por debajo de este valor en cualquier modalidad sensorial podrían considerarse anticipatorias. Sin embargo, estudios más recientes y que fundamentan las salidas en atletismo de alto nivel, indican que dicho tiempo de latencia ha de ser de 100 ms (IAAF, 2011; Fernández, 2010) o incluso menores como los 85 ms que sugieren Pain y Hibbs (2007), considerando que los parámetros neurológicos y fisiológicos demuestran que el TR auditivo no debe estar por debajo de los 100 ms en una prueba de este tipo (Hornillos, 2000). Es una de las líneas de investigación que están abordando en la actualidad diversos especialistas que recomiendan a la IAAF abandonar la norma de las 100 ms como TR mínimo y, por tanto según ellos, el límite debería bajar a 80 o 85 ms (Fernández, 2010).

En cuanto a los resultados obtenidos con el Reactime® (evaluación del TR en los tacos de salida, situaciones experimentales 2, 3 y 4), al igual que en el caso del MTR, consideramos de interés destacar que ningún valor atípico se registró por debajo de las 100 ms, siendo el valor mínimo registrado de 0.125 s para las salidas con el dispositivo en suelo, 0.175 s para las salidas a 5 m de los tacos de salida y 0.124 s de las salidas con estímulo auditivo (tabla 15), por lo que ninguno de los TR registrados en la salida estuvo por debajo del tiempo de latencia aceptado en la bibliografía actual

(Fernández, 2010; Pain y Hibbs, 2007), ni ningún “nulo” según la normativa deportiva indicada (IAAF, 2011).

En relación a los valores atípicos, el análisis descriptivo arrojó valores de este tipo para cada situación experimental: nueve con el dispositivo en el suelo, cinco con el dispositivo a 5 m y ocho con el estímulo auditivo. Como vemos en la tabla 15, todos ellos muy por encima de los tiempos medios para cada situación experimental ya indicados (posiblemente por despiste o falta de concentración puntual), y es por esto que no fueron incluidos en el análisis realizado.

A pesar de lo que se pudiera pensar, en la literatura son escasísimos los estudios en relación al desarrollo de dispositivos para medir el TR de forma adaptada a personas con discapacidad auditiva. En natación existen dispositivos luminosos que adaptan la salida de nadadores sordos en sus pruebas (Pérez y Sequera, 2012), pero en atletismo no existe un dispositivo oficial semejante, lo que justifica la necesidad de estudios similares a este trabajo de investigación. Soto-Rey et al. (2015), al comparar los promedios del TR de los atletas en función de la colocación del dispositivo luminoso verificaron que, en aquella muestra de velocistas sordos ($n=4$), cuando los atletas utilizaron el dispositivo en el suelo, fueron generalmente más rápidos a la hora de reaccionar que cuando salieron con el dispositivo a 5 m de los tacos de salida algo que se corrobora en el estudio actual donde obtuvieron un menor TR (0.191 s vs 0.290 s, tabla 16), lo que da una idea de la influencia positiva del uso del dispositivo luminoso en el rendimiento en el TR, en el contexto específico de la salida de velocidad atlética.

En cuanto a las diferencias según población objeto de estudio según situación experimental, se registraron diferencias significativas entre ambas poblaciones, VDA y VsDA, siendo más rápidos los VDA que VsDA en la situación experimental 2

(EVsuelo, 0.191 ± 0.025 vs 0.210 ± 0.025 , $p \leq 0.05$, respectivamente) y los VsDA en la situación experimental 4 (EA, 0.396 ± 0.045 vs 0.174 ± 0.021 , $p \leq 0.05$), aunque sin diferencias entre ambos grupos en la situación experimental EV5m (tabla 16). En el caso de los VDA en la situación experimental 4 (tabla 16), aunque percibieran la salida a través del movimiento corporal de su compañero, o, en algunos casos, percibiendo las ondas sonoras de la pistola de salida a través de las vibraciones táctiles, podemos ver la amplia diferencia entre los registros de TR por las dos poblaciones, influida decisivamente por la falta de audición por parte de los VDA. Estas diferencias demuestran que el tipo de estímulo y su colocación son clave en el TR de esta prueba, por lo que podríamos justificar la necesidad de contar con dispositivos luminosos para VDA a la hora de competir con VsDA en una misma prueba, inclusiva (Bressler, 1990; Kurková et al., 2011; Pérez-Tejero et al., 2011; Soto-Rey et al., 2014; Soto-Rey y Pérez-Tejero, 2014; Soto-Rey et al., 2015).

En este sentido, proyectos como los dispositivos luminosos de Enkoa (2014) nacen de las dificultades que se habían detectado en parte de los deportistas sordos a la hora de participar en competiciones con atletas sin discapacidad, ya mencionadas en el marco teórico. Y esos sistemas de salida desarrollados con estímulos visuales en lugar de sonoros para atletas sordos les permitirían competir en situación de igualdad con atletas sin discapacidad, sin verse afectados por un TR elevado comenzando la carrera con retraso desde la salida. Por ello, el uso de dispositivos luminosos desarrollados en la bibliografía (Enkoa, 2014; Soto et al., 2015) para su uso en las salidas atléticas, pueden solucionar la situación de desventaja que se plantea si solo se utiliza el estímulo auditivo convencional (Bressler, 1990; Pérez-Tejero et al., 2011; Soto et al., 2011; Soto-Rey et al., 2014; Soto-Rey et al., 2015). Dicho lo anterior, hemos de decir que, en

nuestro conocimiento, solo el presente trabajo e investigación ha demostrado, aplicando el método científico, que el uso de estos dispositivos, en las condiciones técnicas y experimentales indicadas, permite el uso por parte del VDA, usando su mejor TR visual posible (0.191 ± 0.025), que se muestra similar (ns) al TR auditivo de VsDA (0.174 ± 0.021 , tabla 19), lo que indica que, para competencias inclusivas, la salida usando el semáforo (para VDA) y la salida habitual (estímulo sonoro) para VsDA, puede ser una solución equitativa en base a la evidencia demostrada en este estudio. De esta manera, y como referencia, indicar que la media de los TR de los velocistas en la final en los JJOO de Londres 2012 fue de 0.162 ± 0.015 . Asimismo, creemos que estos parámetros sirven de referencia a técnicos deportivos, atletas y futuros trabajos de investigación.

Por otro lado, y en relación a los tiempos de desplazamiento, el presente estudio no encontró diferencias significativas en los tiempos de desplazamiento a los 10 m (en cuanto a la colocación del dispositivo luminoso), aunque se presentaron tiempos más cortos cuando los VsDA utilizaron el dispositivo luminoso en suelo (tabla 17), de manera similar a los VDA, coincidiendo con los estudios de Soto-Rey et al. (2015). Para los tiempos de desplazamiento a los 10 m, solamente se registraron diferencias significativas en la situación experimental 4 a favor de VsDA concordando con el trabajo de Soto-Rey et al. (2015) (tabla 17). Y en los 20m, se obtuvieron diferencias significativas en las situaciones experimentales 3 y 4 a favor de VsDA (tabla 18).

Para analizar el TR usando el Reactime®, se utilizó un ANOVA de 3 niveles de TR (uno por situación experimental) y 5 ensayos, con un error de TR como variable dependiente para analizar los datos. Aquí la primera variable independiente (nivel de TR) es verdadera (3 situaciones experimentales distintas) mientras que la segunda variable independiente (5 ensayos) son medidas repetidas. Esta prueba también es

conocida como ANOVA factorial de dos direcciones con un factor intergrupo (nivel de TR o situación experimental) y otro intragrupo (5 ensayos repetidos). También se calculó un cociente F para cada variable independiente, ya que el objetivo principal es la interacción. Algunas ventajas de la utilización del ANOVA de medidas repetidas, según Thomas y Nelson (2007, p.169-171) son las siguientes:

- *“La variación debida a las diferencias individuales puede calcularse y diferenciarse del término error; esto reduce el error e incrementa la potencia.*
- *Los diseños que lo usan son más económicos, en el sentido de que necesitan pocos individuos.*
- *Cuidando de ε (épsilon), es más potente que otros métodos multivariantes.*
- *Cuando el tamaño de la muestra es pequeño, solo puede utilizarse la prueba de ANOVA de medidas repetidas”.*

En relación a los inconvenientes que este diseño de medidas repetidas puede suponer, podemos indicar que se incluyeron en el protocolo pruebas a modo de ensayo para evitar el efecto *carryover* (las pruebas realizadas de forma más temprana no influyeron sobre las realizadas más tarde), evitar también los posibles efectos de la práctica (aparte de lo anterior, todos los sujetos, al ser atletas de alto nivel, tenían experiencia en las situaciones experimentales propuestas) o la aparición de la fatiga (ya explicada en el protocolo experimental), al efecto de que el atleta estuviera realmente fresco para cada ensayo y situación experimental.

En relación a la esfericidad de los datos TR según situación experimental (es decir, asumir que las medidas repetidas no están relacionadas y tienen la misma varianza), se calculó ε (épsilon) que va desde 1 (esfericidad perfecta) a 0 (violación

completa). Según Thomas y Nelson (2007), es recomendable una ϵ de aproximadamente 0.75 en los experimentos de medidas repetidas (este fallo en la suposición de esfericidad aumenta la probabilidad de sufrir error de tipo I). La calculada general en este trabajo de investigación fue de 0.75, por lo que se adecúa a las condiciones de este tipo de estudios.

En las figuras 33, 34 y 35 pueden observarse los valores de TR para cada una de las muestras (VDA y VsDA) en función de la situación experimental dada (TR, t10m y t20m) apareciendo diferencias significativas, según el ANOVA, en todas las situaciones experimentales dentro de cada grupo y para todas las variables, por lo que estadísticamente, las situaciones experimentales son diferentes entre sí. Igualmente ocurre en relación a los resultados de ANOVA medidas repetidas, para la variable TR, como ya se indicó, la prueba de esfericidad se mostró adecuada (0.75), existiendo diferencias significativas en las varianzas de los pares de medias. Mientras para las situaciones 3 y 4, la prueba de esfericidad se mostró algo más distante en las dos variables (96.0 para t10m y 99.9 para t20m), existiendo diferencias significativas en las varianzas de los pares de medias. El valor de F indica que existieron diferencias entre las diferentes situaciones experimentales (2,3 y 4) en cuanto a TR, incluso cuando éstas se relacionaban con el factor discapacidad (factor interacción, $p \leq 0,05$). Queda claro que las situaciones son distintas entre sí, también teniendo en cuenta el indicado factor de discapacidad. El η^2 indica que el 91.7% del TR, 82.9% del t10m y 61.9% del t20m de la variación se deben a las condiciones del estudio, y no al error, lo que es un indicador de la generalización de los resultados del estudio.

En relación al tamaño muestral, siguiendo a Schutz y Gessaroli (1987), sugirieron que el número mínimo de sujetos por grupo ha de ser el número total de

observaciones por sujeto. Por lo que habremos de disponer de, al menos, 15 sujetos, ya que disponemos tenemos 15 observaciones por sujeto. Ya se indicó que la muestra de este estudio son 22 atletas, con la consideración de que el grupo está segmentado en 13 VsDA y 9 VDA, conformando éstos el 60% de toda la población en España, según el número de las licencias de la FEDS en la modalidad de atletismo (velocistas, pruebas de 100 y 200 m.l.), en el momento del estudio.

Queda patente pues, a la luz de los resultados obtenidos, que los parámetros de la salida de velocidad de VDA, donde tienen que mantener la vista hacia el juez de salida (Bressler, 1990; Soto-Rey, 2015), se ven condicionados negativamente, ya que no pueden aplicar la técnica ideal descrita por autores como Bravo et al. (1990), Hay (1985) o Pascua et al. (2005). Estos autores describen que la vista del atleta debe ser fijada hacia el suelo durante el proceso de salida. De contar con los dispositivos luminosos, los atletas con discapacidad auditiva no tendrían que modificar los parámetros de esa salida atlética según los expertos de atletismo, por lo que queda patente tras este estudio que la utilización en competición de los mismos sería beneficiosa para la inclusión de VDA en competiciones convencionales, lo que abre líneas futuras de investigación.

En relación a los resultados sobre la evaluación cualitativa de los VDA sobre el dispositivo luminoso desarrollado (Soto-Rey et al., 2015) y utilizado (tabla 20), todos los atletas opinan claramente que el dispositivo luminoso es muy positivo y que su uso favorecería la adaptación al sistema de salida atlética para permitir una competición inclusiva. Si bien algunos sugieren modificaciones en el dispositivo luminoso como el caso de los colores para las luces, tener una bombilla única y que sea inalámbrico. De

esta forma, concluyen que el dispositivo luminoso favorecería la obtención de mayores éxitos o mejoras de marca en la competición.

Igualmente creemos que es necesario difundir los mismos resultados del trabajo con la idea de que los organismos nacionales, continentales e internacionales puedan homologar con un único dispositivo luminoso para la salida de VDA en sus propias competiciones bajo la organización de FEDS, EDSO e ICSD. En las competiciones de atletismo de los últimos años se utilizaron diferentes métodos de dispositivo luminoso (Rocandio y Cid, 2012; Boswell, 2013; Enkoa, 2014; FEDS, 2014; Deaf Sports Australia, 2015; England Athletics, 2015), por lo que los VDA tuvieron que realizar un proceso de adaptación y familiarización con el dispositivo en un margen corto de tiempo de cara a la competición. Por lo tanto, creemos que implantando un único dispositivo y exclusivo para todos, como el caso de los modelos de tacos de salida aprobados por la IAAF para VsDA (LYNX, 2013; IAAF, 2014) puede que los VDA ahorren tiempo de no tener que adaptar con el dispositivo en cuestión, entrenar con él y concentrarse mejor a su competición, una vez demostrado en este trabajo que su no utilización supone claramente una desventaja en el rendimiento de los VDA en competición inclusiva si no se utiliza.

Finalmente, creemos que los resultados de este trabajo científico confirman que las pruebas de velocidad atléticas se pueden adaptar de manera sencilla con el dispositivo luminoso, lo que abre la puerta a un mayor número de atletas y ofrece realmente una posibilidad de competición real a atletas que, sin él, no lo tienen. Las aplicaciones de este trabajo permitirán modificaciones y reflexiones en forma de apoyo al entrenamiento y la competición para el entrenador, o juez de salida en la competición que, creemos, es necesaria para proporcionar a este colectivo una atención adecuada en

las salidas, especialmente en situaciones inclusivas de práctica. De forma que podemos sensibilizar al atletismo convencional con una problemática que está presente en nuestros entrenamientos y competiciones y a la que debemos dar una respuesta real, efectiva y comprometida con los objetivos deportivos, el desempeño profesional y la realidad de nuestros atletas. Por lo tanto podemos demostrar que estos atletas pueden competir minimizando su TR y, por extensión, su tiempo de salida, que pueden mejorar sus marcas personales con la utilización del dispositivo e, incluso, para obtener los registros mínimos exigidos para participar en los campeonatos regionales, nacionales e internacionales a los que, a día de hoy sin esta adaptación, no tienen acceso. Creemos que el atletismo en general tiene una gran oportunidad de promoción deportiva real en la utilización de estos dispositivos.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente trabajo de investigación son las siguientes:

Los atletas con discapacidad auditiva presentaron un TR mayor en la salida habitual desde los tacos de salida que los velocistas sin discapacidad auditiva, cumpliéndose nuestra hipótesis.

Asimismo corroboramos la hipótesis de que un estímulo visual en la salida para los velocistas con discapacidad auditiva igualó las condiciones de salida desde tacos entre atletas con y sin discapacidad auditiva.

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los estímulos visuales y sonoros medidos con el MTR, siendo menor el TR ante el estímulo visual que ante el sonoro, tanto para los atletas con discapacidad auditiva como para los que no la presentaron.

Los velocistas con discapacidad auditiva cuando utilizaron el dispositivo en el suelo, fueron más rápidos a la hora de reaccionar que cuando salieron con el dispositivo a 5 m de los tacos de salida, algo que se corrobora en este estudio donde obtuvieron un menor TR, lo que da una idea de la influencia positiva del uso del dispositivo luminoso en el rendimiento en el TR, en el contexto específico de la salida de velocidad atlética.

En relación a los tiempos de desplazamiento, el presente estudio no encontró diferencias significativas en los tiempos de desplazamiento a los 10 m, aunque se presentaron tiempos más cortos cuando los VsDA utilizaron el dispositivo luminoso en suelo, de manera similar a los VDA. Para los tiempos de desplazamiento a los 10 m,

solamente se registraron diferencias significativas en la situación experimental 4 a favor de VsDA. Y en los 20m, se obtuvieron diferencias significativas en las situaciones experimentales 3 y 4 a favor de VsDA.

En cuanto a las diferencias según población objeto de estudio según situación experimental, se registraron diferencias significativas entre ambas poblaciones, VDA y VsDA, siendo más rápidos los VDA que VsDA en la situación experimental 2 (EVsuelo, 0.191 ± 0.025 vs 0.210 ± 0.025 , $p \leq 0.05$, respectivamente) y los VsDA en la situación experimental 4 (EA, 0.396 ± 0.045 vs 0.174 ± 0.021 , $p \leq 0.05$), aunque sin diferencias entre ambos grupos en la situación experimental EV5m.

Todos los atletas opinaron claramente en su cuestionario de evaluación cualitativa que el dispositivo luminoso es muy positivo y que su uso favorecería la adaptación al sistema de salida atlética para permitir una competición inclusiva.

Por todo ello, queda demostrado que, de contar con los dispositivos luminosos como el desarrollado y utilizado en este estudio, los atletas con discapacidad auditiva no tendrían que modificar los parámetros de esa salida atlética, por lo que la utilización en competición de los mismos sería beneficiosa para la inclusión de VDA en eventos de velocidad convencionales.

CAPÍTULO 7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Aun entendiendo que la muestra es pequeña para la generalización de los resultados de este estudio, al haber contado con el 60% de la población de VDA, podemos aceptar los resultados del mismo, si bien podría aumentarse la muestra de cara a futuras aplicaciones, lo que dependerá del número de deportistas con discapacidad auditiva.

Los sistemas luminosos no se han utilizado previamente ni en competición (hasta los últimos 2 años) ni en estudios científicos sobre esta población, lo que implicó tener que desarrollar el sistema de salida luminoso, que, si bien cualitativamente fue muy bien valorado por los atletas participantes, significó tiempo e inversión en el desarrollo de este trabajo de investigación.

Creemos también que la posibilidad de realizar el estudio en la propia competición inclusiva sería un contexto más válido ecológicamente que el diseño experimental propuesto.

CAPÍTULO 8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Consideramos de interés la realización de futuras investigaciones que analicen las diferencias de TR entre sujetos con y sin discapacidad auditiva en otros deportes, especialmente la natación, considerando factores de fatiga, horas de entrenamiento, tipo de deporte, condición física, intensidad de estímulos sensoriales, así como también estudiar con mayor detalle la reactividad que presentan los deportistas ante situaciones de estrés competitivo, y la posible influencia en sus TR y rendimiento.

Igualmente sería interesante realizar el mismo estudio con otros dispositivos luminosos como los de Enkoa (2014), utilizando tanto distintos colores como distintas secuencias en la forma de dar la salida, con el fin de comprobar si los resultados son los mismos en el TR.

Si este estudio demuestra que el TR a un estímulo visual es menor que a un auditivo, una futura línea puede ser la utilización de dispositivos luminosos por velocistas sin discapacidad, y el posible efecto del entrenamiento en esa tarea.

Creemos interesante elaborar estudios en una situación real de una competición inclusiva, no en situaciones experimentales como ocurre con nuestro estudio.

Finalmente, creemos interesante la aplicación de esta herramienta de análisis en contextos de iniciación deportiva y categorías de formación sobre el TR en las pruebas de velocidad.

PARTE III.

BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alés, E., Poyato, J. M., Valero, V., y Álvarez-de Toledo, G. (1998). Liberación de neurotransmisores: un proceso de fusión de membranas que transcurre en fracciones de milisegundos. *Revista de Neurología*, 27(155), 111-117.
- Alves, J. A. (1985). *Relação entre o Tempo de Reacção Simples, de Escolha e de decisão e oTipo de Desporto Praticado (Individual e Colectivo) [Relación entre el tiempo de reacción simple, elección y decisión, y tipo de práctica deportiva (Individual y Colectivo)]*. Monografía no publicada, Universidad Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal: Facultad de Motricidad Humana.
- Asociación de Afectados de Retinosis Pigmentaria de Euskadi. (2015). ¿Cómo es la retina?. Revisado el 11 Noviembre 2014, recuperado de <http://www.retinosispigmentaria.org/es/retinosis2.html>
- Bailey, S. (2008). *Athlete first: a history of the paralympic movement*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons.
- Bear, M. F., Connors, B. W., y Paradiso, M. A. (1999). *Neurociencia: La exploración del cerebro*. Barcelona: Masson-Williams & Wilkins.
- Bernia, J. (1981). *Tiempo de reacción y procesos psicológicos*. Valencia: Nau Llibres.
- Boswell, T. (2013). Sekou Kanneh is lighting the way for future stars of athletics after breaking a 21-year record. Revisado el 4 de Noviembre de 2015, recuperado de <http://www.couriermail.com.au/questnews/southeast/sekou-kanneh-is-lighting-the-way-for-future-stars-of-athletics-after-breaking-a-21-year-record/story-fni9r0lo-1226748383492>

- Bravo, J., Pascua, M., Gil, F., Ballesteros, J. M., y Campa, E. (1990). *Atletismo (I): carreras y marcha* (Vol. 3). Madrid: Comité Olímpico Español.
- Bressler, H. (1990). The Deaf Sprinter: An Analysis of Starting Techniques. *Palaestra*, 6(4), 32-37.
- Cardinali, D. P. (2007). *Neurociencia aplicada: sus fundamentos*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Carrillo, V. (2015). Apuntes de Otorrinolaringología. Fisiología de la audición. Revisado el 16 marzo de 2015, recuperado de [http://otorrino.homestead.com/Fisiologia de la Audicion.pdf](http://otorrino.homestead.com/Fisiologia%20de%20la%20Audicion.pdf)
- Collet, C. (1999). Strategic aspects of reaction time in world-class sprinters. *Perceptual and Motor Skills*, 88(1), 65-75.
- Consejo Superior de Deportes. (2014). Licencias. Revisado el 30 de Mayo de 2014, recuperado de <http://www.csd.gob.es/csd/asociaciones/1fedagclub/03Lic>
- Cruz, A. (1991). *Historia mundial del atletismo (1987-1990)*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- D'Amato, M. R. (1970). *Experimental psychology: Methodology, psychophysics and learning*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Deaf Sports Australia. (2015). Fact Sheet Sport Modifications. Revisado el 29 de Octubre de 2015, recuperado de [http://www.cricketvictoria.com.au/files/pages/coaching-resources/Sport Modifications for the Deaf.pdf](http://www.cricketvictoria.com.au/files/pages/coaching-resources/Sport%20Modifications%20for%20the%20Deaf.pdf)
- Delecluse, C. H., Van Coppenolle, H., Willems, E., Diels, R., Goris, M., Van Leemputte, M., y Vuylsteke, M. (1995). Analysis of 100 meter sprint

- performance as a multidimensional skill. *Journal of Movement Studies*, 28, 87-101.
- Drouin, D., y Larivière, G. (1974). Le temps de réaction et le temps de mouvement des gardiens debuts. *Mouvement*, 9, 21-25.
- Duarte, A. M., Costa Pereira, C., y Moura e Castro, J. A. (2003). Tiempo de reacción en individuos ciegos, practicantes y no practicantes de actividad deportiva. *Integración: Revista sobre ceguera y deficiencia visual*, 41, 7-14.
- Eikenberry, A., McAuliffe, J., Welsh, T. N., Zerpa, C., McPherson, M., y Newhouse, I. (2008). Starting with the “right” foot minimizes sprint start time. *Acta Psychologica*, 127(2), 495-500.
- England Athletics. (2015). Deaf Friendly Athletics Resource. Revisado el 29 de octubre de 2015, recuperado de <http://www.englishathletics.org/shared/get-file.ashx?id=11307&itemtype=document>
- Enkoa. (2014). Enkoa desarrolla "Olimpo" un sistema electrónico e inalámbrico para personas con discapacidad auditiva. Revisado el 16 de Marzo de 2015, recuperado de <http://www.enkoa.es/noticias>
- Federación Española de Deportes para Sordos. (2013). Ranking Nacional de Atletismo para sordos. Revisado el 31 de Enero de 2013, recuperado de http://feds.es/index.php?option=com_content&view=article&id=122:nuevos-rankings-de-espana-de-atletismo&catid=19:noticias-atletismo&Itemid=7
- Federación Española de Deportes para Sordos. (2014). Federación Española de Deportes para Sordos. Revisado el 29 de Mayo de 2014, recuperado de <http://feds.es/>

- Federación Madrileña de Deportes para Sordos. (2014). Federación Madrileña de Deportes para Sordos. Revisado 16 de Octubre de 2014, recuperado de <http://www.fmds.es/>
- Fernández, J. P. (2005). Evolución y Análisis de la Salida Agrupada en la Carrera Atlética de Velocidad. Revisado el 13 de Diciembre de 2012, recuperado de <http://www.g-se.com/a/421/evolucion-y-analisis-de-la-salida-agrupada-en-la-carrera-atletica-de-velocidad/>
- Fernández, O. (2010). Historias de los tiempos de reacción. *Atletismo Español*, 635, 60-61.
- Flamme, G. A., y Williams, N. (2013). Sports Officials' Hearing Status: Whistle Use as a Factor Contributing to Hearing Trouble. *Journal of Occupational and environmental hygiene*, 10(1), 1-10.
- García, G., Tavera, J., y Liras, V. (2004). Influencia del color en el tiempo de reacción. Revisado el 6 de Abril de 2011, recuperado de <http://www.fundacionvisioncoi.es/TRABAJOS%20INVESTIGACION%20COI/3/Influencia%20del%20color%20en%20el%20tiempo%20de%20reacci%C3%B3n.pdf>
- García, J. M., Navarro, M., y Ruiz, J. A. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo: principios y aplicaciones*. Madrid: Gymnos.
- García, M. T., Martín, Y., y Nieto, A. (1994). *Visión Deportiva*. Madrid: Colegio Nacional de Ópticos – Optometristas, Comisión de Cultura.
- Gress. (2009). Centros de integración para el control de la postura, el tono y el movimiento. Revisado el 18 de mayo de 2011, recuperado de

<http://kinesioterapiafisica.blogspot.com/2009/01/centros-de-integracion-para-el-control.html>

- Guerrero Morilla, R. R. (2006). *Visión deportiva*. Sevilla: Wanceulen.
- Gursoy, R. (2010). Sex differences in relations of muscle power, lung function, and reaction time in athletes. *Perceptual and Motor Skills*, 110(3 Pt 1), 714-720.
- Guyton, A. C. (1997). *Anatomía y fisiología del sistema nervioso: neurociencia básica* (2º ed). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Guyton, A. C., y Hall, J. E. (2006). *Tratado de fisiología médica* (11º ed.). Madrid: McGraw-Hill-Interamericana.
- Harrison, S. H. (2014). *Same spirit, different team. The politicization of the Deaflympics*. Stevenage: Action Deafness Books.
- Hartman, E., Visscher, C., y Houwen, S. (2007). The effect of age on physical fitness of deaf elementary school children. *Pediatric exercise science*, 19(3), 267-278.
- Hay, J. G. (1985). *The biomechanics of sports techniques*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Henry, F. M., y Rogers, D. E. (1960). Increased Response Latency for Complicated Movements and A “Memory Drum” Theory of Neuromotor Reaction. *Research Quarterly*, 31, 448-458.
- Henry, F. M. (1952). Force-time characteristics of the sprint start. *Research Quarterly*, 23, 301-318.
- Henry, F. M. (1952). Independence of Reaction and Movement Times and Equivalence of Sensory Motivators of Faster Response. *Research Quarterly*, 23, 43-53.
- Henry, F. M., y Trafton, I. R. (1951). The velocity curves of sprint running with some observations on the muscle viscosity factor. *Research Quarterly*, 22(4), 409-422.

Hornillos Baz, I. (2000). *Atletismo*. Barcelona: INDE.

Instituto Nacional Estadística. (2008). Encuesta sobre Discapacidad, Autonomía Personal y Situaciones de Dependencia (EDAD). Revisado el 18 de noviembre de 2013, recuperado de <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t15/p418&file=inebase&L=0>

International Association of Athletics Federations. (2011). Reglas de competición 2012-2013. Revisado el 31 de Enero de 2013, recuperado de <http://www.iaaf.org/download/download?filename=b8cee4e7-2007-41a3-aa1a-ba8b6865726e.pdf&urlslug=Competition%20Rules%202012-13>

International Committee of Sports for the Deaf. (2014). Deaflympics. Revisado el 29 de mayo de 2014, recuperado de <http://www.deaflympics.com/>

International Committee of Sports for the Deaf. (2015). Eligibility. Revisado el 19 de Octubre de 2015, recuperado de <http://www.deaflympics.com/athletes.asp?eligibility>

Kandel, E. R., Schwartz, J. H., y Jessell, T. M. (2001). *Principios de neurociencia*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.

Kroll, W. (1973). Effects of local muscular fatigue due to isotonic and isometric exercise upon fractionated reaction time components. *Journal of Motor Behavior*, 5, 81-93.

Kurková, P., Válková, H., y Scheetz, N. (2011). Factors impacting participation of European elite deaf athletes in sport. *Journal of sports sciences*, 29(6), 607-618.

Leseur, H. (1989). Étude des réactions visuo-motrices chez des escrimeurs de haut niveau au cours d'une étape d'entraînement. *Science et motricité*, 8, 47-52.

- LYNX. (2013). ReacTime. Revisado el 12 Diciembre de 2013, recuperado de <http://www.finishlynx.com/es/product/reactime/reactime-false-start-detection/>
- Mansilla, I. (1994). *Conocer el atletismo: historia, técnica y práctica de un deporte con tradición*. Madrid: Gymnos.
- Martín, R. (1993). *Metodología del entrenamiento para el desarrollo de la velocidad y de la flexibilidad*. Madrid: Centro Olímpico de Estudios Superiores.
- Martínez, O. (2003). *El tiempo de reacción visual en el kárate*. Tesis no publicada, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior Arquitectura, Madrid.
- Martínez, O., y Sillero, M. (2014). Sobre la expresión “respuesta de reacción” y el concepto “tiempo de respuesta”. *Apunts: Educación Física y Deportes*, 4(118), 88-92.
- Marzilli, T. S., y Hutcherson, A. B. (2002). Nicotine deprivation effects on the dissociated components of simple reaction time. *Perceptual and Motor Skills*, 94(3), 985-995.
- Mero, A., y Komi, P. V. (1990). Reaction time and electromyographic activity during a spring start. *Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 61(1-2), 73-80.
- Nachon, H. N. (2011). Tejido nervioso. Ciencias Biológicas y Educación para la salud. Revisado el 18 de mayo de 2011, recuperado de <http://hnncbiol.blogspot.com/2008/01/tejido-nervioso.html>
- Nakamura, H. (1934). An experimental Study of Reaction Time of the Start in Running a Race. *Research Quarterly*, 5, 33-45.

- Nougier, V., Stein, J. F., y Azemar, G. (1990). Covert orienting of attention and motor preparation processes as a factor success in fencing. *Journal of Human Movement Studies*, 19, 251-272.
- Orellana, A. (2009). *Comparación del Tiempo de Reacción Simple y Discriminativo entre estudiantes deportistas y sedentarios de la Universidad de Valparaíso*. Tesis no publicada, Universidad de Granada, Departamento de Fisiología, Granada.
- Pain, M. T. G., y Hibbs, A. (2007). Sprint starts and the minimum auditory reaction time. *Journal of sports sciences*, 25(1), 79-86.
- Palacios, V., Gonçalves, P., y Palacios, A. (2010). El tiempo de reacción en la salida y su relación con los resultados en velocistas de alto nivel. Revisado el 19 de Octubre de 2015, recuperado de <http://www.efdeportes.com/efd147/el-tiempo-de-reaccion-en-la-salida-en-velocistas.htm>
- Paradisis, G. P. (2013). Reaction Time and Performance in the Short Sprints. *New Studies in Athletics*, 28:1/2, 95-103.
- Pascua, M., Gil-Sánchez, F., Marín-Sospedra, J., y Federación Española de Atletismo. (2005). *Velocidad, vallas y marcha*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- Pavlović, R. (2015). Differences in time of start reaction and achieved result in the sprint disciplines in the finals of the Olympic Games in London and the World Championship in Moscow. *Sport Scientific & Practical Aspects*, 12(1), 25-36.
- Payne, A. H., y Blader, F. B. (1970). A preliminary investigation into the mechanics of the sprint start. *Bulletin of Physical Education*, 8, 21-30.

- Pérez, C. J., y Sequera, C. D. (2012). *Dispositivo electrónico visual para la salida de natación: dirigido a personas con discapacidad auditiva para su integración dentro de las competiciones*. Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española.
- Pérez, J. (2009). Acciones clave en la promoción del deporte adaptado en España: situación actual y futuro. En J. Pérez y D. Sanz (Eds.), *I Conferencia Nacional de Deporte Adaptado. Libro de Actas*. Toledo: Consejo Superior de Deportes y Comité Paralímpico Español.
- Pérez-Tejero, J., Ocete-Calvo, C., Soto-Rey, J., Charry-Ossa, A., Alonso de Linaje-García, J., y García-Hernández, J. J. (2013). *Centro de Estudios sobre Deporte Inclusivo*. Madrid: Serie de cuadernos del CEDI-1. Universidad Politécnica de Madrid, Fundacion Sanitas y Psyport.
- Pérez-Tejero, J., Soto-Rey, J., y Rojo-González, J. J. (2011). Estudio del tiempo de reacción ante estímulos sonoros y visuales. *Motricidad: European Journal of Human Movement*, 27, 149-162.
- Pilianidis, T., Kasabalis, A., Mantzouranis, N., y Mavvidis, A. (2012). Start reaction time and performance at the sprint events in the Olympic games. *Kinesiology*, 44(1), 67-72.
- Pinillos, M. (2010). *La velocidad de anticipación: concepto clave en la psicología del karate*. Tesis no publicada, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Educación, Madrid
- Posner, M. I., y Rueda, M. R. (2002). Mental chronometry in the study of individual and group differences. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 24(7), 968-976.

- Purves, D., Augustine, G., Fitzpatrick, D., Hall, W., Lamantia, A. S., Mcnamara, J. O., y Williams, S. M. (2007). *Neurociencia* (3º ed.). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española (24º ed.). Revisado el 18 de Diciembre de 2014, recuperado de <http://www.rae.es/>
- Reina, R., y Pérez-Tejero, J. (2014). *Book of abstracts European Congress of Adapted Physical Activity (EUCAPA) 2014*. Madrid: Serie Publicaciones CEDI-5. Universidad Politécnica de Madrid, Fundación Sanitas y Psysport.
- Reina Vaíllo, R. (2010). *La actividad física y deporte adaptado ante el Espacio Europeo de Enseñanza Superior*. Sevilla: Wanceulen.
- Roca, J. (1983). *Tiempo de reacción y deporte*. Esplugues de Llobregat, Barcelona: Institut Nacional d'Educació Física.
- Rocandio, V., y Cid, A. (2012). *Automatic Race Start Detecting Signal for Hearing Impaired Athletes*. European Athletics Innovation Awards 2012.
- Rojo-Lacal, J. I., Soto-Rey, J., Pérez-Tejero, J., y Rojo-González, J. J. (2014). Random system to determine visual and hearing reaction. En R. Reina y J. Pérez-Tejero (Eds.), *Book of abstracts European Congress of Adapted Physical Activity (EUCAPA) 2014*. Madrid: Serie Publicaciones CEDI-5. Universidad Politécnica de Madrid, Fundación Sanitas y Psysport.
- Román, F., Sánchez, M. P., y Rabadán, M. J. (2011). Apuntes de Neuropsicología. Percepción y Agnosias. Revisado el 26 de Agosto de 2015, recuperado de <http://ocw.um.es/cc.-sociales/neuropsicologia/material-de-clase-1/tema-7.-percepcion-y-agnosias.pdf>

- Roosen, A., Compton, G, y Szabo, A. (1999). A device to measure choice reaction time in karate. *Sports Engineering*, 2, 49-54.
- Ross, A., Leveritt, M., y Riek, S. (2001). Neural influences on sprint running: Training adaptations and acute responses. *Sports Medicine*, 31(6), 409-425.
- Sage, G. H. (1977). *Introduction to motor behavior: a neuropsychological approach* (2 ed.). Reading, MA: Adison-Wesley P.C.
- Sampedro, J. (1999). *Fundamentos de táctica deportiva: análisis de la estrategia de los deportes*. Madrid: Gymnos.
- Sanriá, J. (1994). El deporte y los sordos. En J. C. Pérez (Ed.), *Deportes para minusválidos físicos, psíquicos y sensoriales*. Madrid: Comité Olímpico Español.
- Schmidt, R. A. (1982). *Motor control and learning: a behavioral emphasis*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Schutz, R. W., y Gessaroli, M. E. (1987). The Analysis of Repeated Measures Designs Involving Multiple Dependent Variables. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 58(2), 132-149.
- Skurvidas, A., Mickevichiene, D., Cesnavichiene, V., Gutnik, B., y Nash, D. (2012). Reaction time and movement duration influence on end point accuracy in a fast reaching task. *Human Physiology*, 38(3), 286-293.
- Soto, J. (2003). Diferencias entre un deportista sordo y otro oyente en el atletismo. En J. Oriol Martínez (Ed.), *Libro de Actas Conferencia Internacional sobre Deporte Adaptado* (pp. 394-398). Málaga: Instituto Andaluz del Deporte. Fundacion Andalucía Olímpica.

- Soto, J. (2007). El mejor deportista sordo del siglo XX. En V. Autores (Ed.), *Sordo, y qué?* (pp. 36-60). Madrid: Lo que no existe. Fundación Alares – Fundación CNSE. .
- Soto, J., Pérez, J., y Rojo, J.J. (2011). Estudio del tiempo de reacción ante estímulos visuales en deportistas con y sin discapacidad auditiva: aplicaciones prácticas. Revisado el 22 de Enero de 2013, recuperado de http://www.paralimpicsport.org/cida2011/images/stories/cida_a.pdf
- Soto-Rey, J., y Pérez-Tejero, J. (2014). Estrategias para la inclusión de personas con discapacidad auditiva en educación física. *Revista Española De Educación Física y Deportes (REEFD)*, 406, 93-101.
- Soto-Rey, J., Pérez-Tejero, J., Rojo-González, J. J., y Álvarez-Ortiz, J. C. (2015). Evaluación del tiempo de reacción en velocistas con discapacidad auditiva: estudio piloto. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte (RIPED)*, 10(2), 235-241.
- Soto-Rey, J., Pérez-Tejero, J., Rojo-González, J. J., y Reina, R. (2014). Study of reaction time to visual stimuli in athletes with and without a hearing impairment. *Perceptual and Motor Skills*, 119(1), 123-132.
- Stewart, A. D. (1991). *Deaf Sport. The Impact of Sports within the Deaf Community*. Washington, D.C.: Gallaudet University Press.
- Tecnalia. (2011). Tecnalia pone fácil el pistoletazo de salida a los atletas con discapacidad sensorial. Revisado el 16 de Marzo de 2015, recuperado de <http://www.tecnalia.com/es/divisiones/salud/tecnologias-salud/noticias/tecnalia-pone-facil-el-pistoletazo-de-salida-a-los-atletas-con-discapacidad-sensorial.htm>

- Thomas, J. R., Gallagher, J. D., y Purvis, G. J. (1981). Reaction Time and Anticipation Time: Effects of Development. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 52(3), 358-367.
- Thomas, J. R., y Nelson, J. K. (2007). *Métodos de investigación en actividad física*. Badalona: Paidotribo.
- Tudela, P. (1989). *Tiempo de reacción. Psicología Experimental*. (4ª ed.). Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Un, N., y Erbahceci, F. (2001). The evaluation of reaction time on mentally retarded children. *Developmental Neurorehabilitation*, 4(1), 17-20.
- Viru, A., y Viru, M. (2003). *Análisis y control del rendimiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Vogel, J. (2014). Hearing and sports: a bidirectional interaction. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte* 38(10), 285-287.
- Wierzbicka-Damska, I., Samołyk, A., Jethon, Z., Wiercińska, J., y Murawska-Ciałowicz, E. (2005). Physical efficiency of 10-16-year-old boys with hearing impairment. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(Suppl 1), 1167-1169.
- Wood, G. A. (1977). An electrophysiological model of human visual reaction time. *Journal of Motor Behavior*, 9(4), 267-274.
- Woodworth, R. S., y Schollosberg, H. (1954). *Experimental psychology*. New York: Holt.
- Zaciorskij, V. M. (1972). *Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers* (Vol. 3). Berlin-Frankfurt-München: Bartels & Wernitz.
- Zatsiorski, V. M. (1989). *Metrología deportiva*. Moscú: Planeta.

PARTE IV.

ANEXOS

ANEXO I
HOJA DE REGISTRO

ESTUDIO DEL TIEMPO DE REACCION EN ATLETAS CON Y SIN DISCAPACIDAD AUDITIVA (Hoja de registro)

Código	S.D. _ _ _	C.D. _ _ _	
Edad			
¿Tiene discapacidad auditiva?	Si	No	
Mejor marca personal	100 m.l.	200 m.l.	400 m.l.
¿Cuánto tiempo lleva practicando en atletismo?	_ años y _ meses		
¿Cuántos días y horas entrenas a la semana?	_ días/semana y _ horas al día		
¿Tomas alguna medicación?	Si	No	
¿Has consumido alguna bebida energética en las 6 últimas horas? (por ejemplo: café, Coca Cola, Red Bull...)	Si	No	
¿Consumes algún tipo de sustancia que pueda alterar al estudio del Tiempo de Reacción? (por ejemplo: betabloqueantes, psicofarmacos...)	Si ¿Cuál?	No	
¿Cuántas horas de sueño realizas diariamente?	Menos de 6h	Entre 7 y 8h	Más de 8h
¿Cuántas horas has dormido hoy?			

Datos

Datos							
Código -- ---	Situación Experimental 1		Tiempo de Reacción simple manual (MTR)				
			Nº registro	Estimulo Visual		Estimulo Auditivo	
			1				
			2				
			3				
			4				
			5				
			6				
			7				
			8				
	Situación Experimental 2	Estimulo	Nº registro	Tiempo de Reacción	Tiempo desplazamiento 10m	Tiempo desplazamiento 20m	
		EVsuelo	1				
			2				
			3				
			4				
			5				
		EV5m	1				
			2				
			3				
4							
5							
EA		1					
		2					
		3					
		4					
	5						

ANEXO II

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MEDIDOR
DE TIEMPO DE REACCIÓN**

Descripción del hardware:

En la siguiente figura se muestra el esquema general del equipo.

Figura 2: Circuito general

Más detalladamente:

Regulador de tensión:

La imagen de la derecha muestra la primera etapa del circuito encargada de obtener los niveles de tensión de lógica TTL del circuito (5V), la fuente de alimentación utilizada es una batería de clase 6LR61 de 9V. Es preciso aclarar a dicho efecto que la tensión obtenida es suficientemente estable para no requerir el condensador de filtrado C3, pero, al igual que el condensador C4, se especifica en el datasheet del fabricante, y su efecto sobre el circuito es beneficioso pues facilita mantener el nivel de tensión, por tanto, no se ha prescindido de dicho condensador. El regulador de tensión es el L7805CV el cual fija la tensión de salida a 5V. Se encenderá el led D1 en el momento en el que se conecta la pila.

Figura 3: Regulador de tensión

Oscilador:

Figura 4: Oscilador

Es necesario utilizar un cristal de cuarzo para que el microcontrolador disponga de una señal oscilante precisa imprescindible para la gestión de tiempos. El cristal utilizado es de 4 MHz, considerando que cada ciclo de instrucción tiene como máximo 4 fases el tiempo máximo de ejecución de una instrucción es

$$T_{\text{Ejecución}} = 4 / 4000000 = 0.000001 \text{ segundos.}$$

Microcontrolador:

Figura 5: Microcontrolador

La unidad principal del sistema está compuesta por el microcontrolador, un circuito integrado sobre el cual se vuelve el programa principal para controlar el resto de periféricos. Para este proyecto se utilizó el microcontrolador PIC16F84A de la casa Microchip, muy popular y limitado en sus funciones, la disposición de un único temporizador (timer0) y de los puertos A y B son suficientes para las especificaciones del medidor. Por otro lado la memoria flash de 1K es llamativa al poder ser programada hasta 1000 veces.

Figura 6: Pulsadores

Pulsadores:

El circuito dispone de dos pulsadores. El pulsador de Reset y el pulsador que interacciona con el usuario para marcar los eventos durante la ejecución del programa.

El pulsador SW0 establece 5V a la entrada del micro al ser pulsado, al contrario que el pulsador de Reset, ya que dicha entrada del micro es activa a nivel bajo y solo se acciona con cero voltios, las resistencias de 10 K Ω evitan que se de un cortocircuito al accionar los pulsadores la intensidad que circula por cada resistencia es muy inferior a la mínima intensidad de entrada por lo que no se percibe la interacción en el resto del circuito.

Estímulos:

A través del LED D2 y del zumbador piezoeléctrico BUZ1 el programa genera las señales luminosa y sonora respectivamente. Por otro lado el LED D1 es un indicador del estado del programa que se enciende cada vez que se finaliza una medición. Tanto las resistencias R3 como R2 se han calculado para obtener un brillo máximo en los LED estimando un valor de 100 Ω para que la corriente por los diodos despreciando la caída propia de tensión sea de 50 mA, contando con ella la corriente aproximada es de 38 mA.

Figura 7: Indicadores de salida.

Indicador LCD:

Por último a través de un LCD se muestra el resultado numérico, dicho LCD, como se aprecia en la figura, se conecta únicamente con cuatro líneas de datos, lo que permite un ahorro considerable de pines del microcontrolador que, en este caso, debido al reducido número de puertos se hace indispensable.

Figura 8: Display LCD.

Realización del circuito:

Una vez definido el esquema general el siguiente paso consiste en routear las pistas, es decir, definir el circuito físico a partir de un programa CAD dedicado, en la siguiente imagen se muestra el layout del circuito en sus dos caras.

Figura 9: Layout del circuito

Descripción del software:

El programa principal se detalla a continuación.

Diagrama de flujo:

ANEXO III

**CUESTIONARIO DE EVALUACION Y
SATISFACCION**

Evaluación del tiempo de reacción en velocistas con discapacidad auditiva: aplicaciones para el entrenamiento y mejora de la competición de alto nivel

Cuestionario de evaluación – satisfacción

Este trabajo va encaminado al estudio de una faceta muy importante en el entrenamiento y rendimiento deportivo, como es el tiempo de reacción, y la influencia del estímulo visual y auditivo en él para atletas con discapacidad auditiva.

El objetivo es conocer el grado de satisfacción por parte de los velocistas con discapacidad auditiva después de haber realizado una serie de experimentos con el dispositivo luminoso y adaptado para sistemas de salida en la velocidad de atletismo.

Para ello, se desarrolla un cuestionario, que habrá de ser cumplimentado por cada uno de los deportistas con discapacidad auditiva con el fin de conocer las mejoras a realizar de cara al prototipo para así favorecer la adaptación a esa población.

Madrid, Febrero de 2014

CUESTIONARIO

FECHA:

NOMBRE:

EDAD:

CONTACTO (TELÉFONO – EMAIL):

MEJOR MARCA PERSONAL:

100 M.L.

200 M.L.

¿CUANTO TIEMPO LLEVA PRACTICANDO EN ATLETISMO? (En años y meses)

años y meses

¿CUANDO FUE TU ULTIMA PARTICIPACION EN UN EVENTO NACIONAL/INTERNACIONAL? (Evento/Mes/Año)

(evento) (fecha)

¿CUANTOS DIAS Y HORAS ENTRENAS A LA SEMANA? (Nº días/semana y horas/día)

días/semana y horas al día

¿CUANTAS SESIONES HACE ENTRENAMIENTOS ESPECIFICOS DE VELOCIDAD, TECNICA DE CARRERA O SALIDAS DE VELOCIDAD A LA SEMANA? (Nº sesiones/semana)

sesiones/semana

¿POSEE LICENCIA FEDERATIVA EN ACTIVO?: (marcar con una X lo que proceda)

SI		¿Desde cuando?	
NO			

1. ¿Cómo ha sido su adaptación a la salida de cualquiera carrera atlética? (*ordenarlas según frecuencia de uso/experiencia*)

Pañuelo	
Vibración	
Audífono	
Aviso gestual por parte de otra persona	
Humo de la pistola de salida	
Visual luminoso	
Otros aspectos no contemplados	

2. Valore de 1 a 5 (1: muy negativo, 2: negativo, 3: normal, 4: positivo, 5: muy positivo) la percepción que ha visto con el dispositivo luminoso. (*marcar con una X lo que proceda*)

Tamaño	1	2	3	4	5
Color	1	2	3	4	5
Iluminación	1	2	3	4	5
Ubicación	1	2	3	4	5
Manejo	1	2	3	4	5
Adecuación del dispositivo y del equipamiento necesario para adaptar al sistema de salida	1	2	3	4	5
Cable	1	2	3	4	5
Otros aspectos no contemplados y que resulten de su interés:					

3. ¿Cree que el dispositivo luminoso favorecería su adaptación al sistema de salida en la velocidad de atletismo para permitir una competición inclusiva (con y sin discapacidad)? (*marcar con una X lo que proceda*)

SI	☐	¿Por qué?
NO	☐	¿Por qué?
No estoy seguro	☐	¿Por qué?

4. ¿Qué colores prefiere para la instalación en las 3 luces? *(escribir en..... lo que proceda).*

I. Preparados: color

II. Listos: color

III. Ya: color

5. ¿Cómo prefiere que sea el dispositivo luminoso? *(marcar con una X lo que proceda)*

Inalámbrico	
Con cable conectado a la pistola de salida	
De otra forma, ¿cómo?	

6. ¿Dónde cree que debería colocarse el dispositivo luminoso? *(marcar con una X lo que proceda)*

En el suelo												
Enfrente a 5-10 metros de la salida, ¿cuál?	5m		6m		7m		8m		9m		10m	
Al lado del juez de salida												
De otra forma, ¿cómo?												

7. Valore de 1 a 5 (1: muy negativo, 2: negativo, 3: normal, 4: positivo, 5: muy positivo) la siguiente cuestión: *(marcar con una X lo que proceda)*

¿Cree que el dispositivo luminoso favorecería el rendimiento o mejora de marca en la competición?	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

8. Indique, si lo desea, algún otro aspecto de interés que no haya sido recogido por este cuestionario.

MUCHAS GRACIAS POR SU INESTIMABLE COLABORACIÓN