



## **FACULTAD DE TECNOLOGÍA MÉDICA**

### **CARACTERIZACIÓN DE LA VELOCIDAD DE TIEMPO DE REACCIÓN MOTRIZ DE LA ACTIVIDAD VISOMANUAL Y FACTORES ASOCIADOS DE ALUMNOS DEL INEF-GALICIA, AÑO 2018**

#### **TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO EN TECNOLOGIA MÉDICA EN LA ESPECIALIDAD DE TERAPIA FÍSICA Y REHABILITACIÓN**

##### **AUTOR**

Barrios Venegas Alex Renko

##### **ASESOR**

Vera Arriola Juan Américo

##### **JURADOS**

Chero Pisfil, Zoila

Paredes Campos, Felipe Jesús

Quezada Ponte, Elisa

**Lima-Perú**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A mi familia, por su apoyo constante e incondicional.

## ÍNDICE

Resumen.....	7
Abstract.....	8
I. Introducción.....	9
1.1 Descripción y formulación del problema.....	10
1.2 Antecedentes.....	11
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivo específico.....	16
1.4 Justificación.....	16
II .Marco teórico.....	18
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación.....	18
2.1.1 Sustrato neural de la ejecución motora.....	21
2.1.2 Corteza cerebral.....	22
2.1.3 Núcleos basales.....	22
2.1.4 Cerebelo.....	23
2.1.6 Diencéfalo.....	23
2.1.7 Tronco encefálico.....	24
2.1.7 Estimulación transcraneal de corriente continua.....	24
2.1.8 Práctica Motora.....	25
2.1.9 Edad.....	26
III Método.....	28
3.1 Tipo de investigación.....	28
3.1.1 Hipótesis del estudio.....	28

3.2	Ámbito temporal y espacial.....	28
3.2.1	Delimitación espacial.....	28
3.2.3	Delimitación temporal.....	28
3.3	Variables.....	28
3.4	Población y muestra.....	29
3.5	Instrumentos.....	30
3.5.1	Hardware.....	30
3.5.2	Software.....	30
3.6	Procedimientos.....	30
3.7	Análisis de datos.....	31
3.8	Consideraciones éticas.....	31
IV	Resultados.....	33
V	Discusión de resultados.....	39
VI	Conclusiones.....	44
VII	Recomendaciones.....	45
VIII	Referencias.....	46
IX	Anexos.....	49
	Anexo 1.....	49
	Anexo 2.....	51
	Anexo 3.....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Velocidad de tiempo de reacción de la práctica motora versus la velocidad de tiempo de reacción producto de la estimulación transcraneal de corriente continua.....	33
Tabla 2: Prueba t-Student: velocidad de tiempo de reacción de la práctica motora versus la velocidad de tiempo de reacción producto de la estimulación transcraneal de corriente continua.....	34
Tabla 3: Prueba t-Student: Promedio total de la velocidad de tiempo de reacción de la práctica motora versus la velocidad de tiempo de reacción producto de la estimulación transcraneal de corriente continua.....	34
Tabla 4: Velocidad de tiempo de reacción según sexo.....	35
Tabla 5: Velocidad de tiempo de reacción según edad.....	35
Tabla 6: Distribución por porcentaje según sexo.....	36
Tabla 7: Edad y protocolo aplicado.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución por porcentaje según sexo.....	36
Figura 2 :Edad y protocolo aplicado-.....	37

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

INEF : Instituto Nacional de Educación Física

NIBS : Non Invasive Brain Stimulation

P : Umbral de significación estadística

SPSS : Statistical Package for the Social Sciences

tDCS : Transcranial Direct Current Stimulation

TDAH: Trastorno por déficit de atención e hiperactividad

TR: Tiempo de reacción

SRTT: Serial Reaction Time Task

ms: Milisegundos

## RESUMEN

La relación entre el aprendizaje implícito y la práctica motora ha sido documentada, sin embargo, los estudios no muestran resultados concluyentes sobre la caracterización de la velocidad de tiempo de reacción motriz y la correlación con el sexo. Dada estas inconsistencias no queda claro si mujeres y hombres difieren de manera significativa en la velocidad de tiempo de reacción motriz. **Objetivo:** Determinar la velocidad de tiempo de reacción motriz de la práctica motora comparada con la estimulación transcraneal de corriente continua en jóvenes de 18 a 23 años. **Método:** El presente estudio fue de tipo descriptivo, observacional, retrospectivo, transversal y no experimental. La población estuvo conformada por 70 estudiantes del INEF, la muestra no probabilística por conveniencia fue de 30 sujetos. El primer grupo experimental realizó la práctica motora, estructurada en base a bloques de estímulos aleatorios. Al segundo grupo se le aplicó estimulación transcraneal de corriente continua más práctica motora. **Resultados:** La velocidad de tiempo de reacción motriz producto de la práctica motora fue de 374,575 milisegundos y la velocidad de tiempo de reacción motriz producto de la estimulación transcraneal fue de 352,993 milisegundos. No hubo diferencias estadísticamente significativas que establezcan superioridad de un tratamiento frente a otro. Se determinó que no existe una asociación estadísticamente significativa entre la velocidad de tiempo de reacción y el sexo ( $p=0.05$ ) **Conclusión:** La práctica motora y estimulación transcraneal de corriente continua no tuvieron efecto significativo sobre la velocidad de tiempo de reacción motriz en la actividad visomanual en los grupos experimentales estudiados.

**Palabras clave:** Práctica motora, aprendizaje motor, tiempo de reacción en serie, fisioterapia.

## ABSTRACT

The relationship between implicit learning and motor practice has been documented, however, studies do not show conclusive results on the characterization of motor reaction time speed and correlation with sex. Given these inconsistencies, it is not clear whether women and men differ significantly in motor reaction time speed. Objective: To determine the speed of motor reaction time of motor practice compared with transcranial direct current stimulation in young people between 18 and 23 years of age. Method: The present study was descriptive, observational, retrospective, cross-sectional and non-experimental. The population was made up of 70 INEF students, the non-probabilistic convenience sample was 30 subjects. The first experimental group performed motor practice, structured on the basis of random stimulus blocks. The second group received transcranial direct current stimulation plus motor practice. Results: The speed of motor reaction time product of the motor practice was 374.575 milliseconds and the speed of motor reaction time product of the transcranial stimulation was 352.993 milliseconds. There were no statistically significant differences that establish superiority of one treatment over another. It was determined that there is no statistically significant association between reaction time speed and gender ( $p = 0.05$ ). Conclusion: Motor practice and transcranial direct current stimulation had no significant effect on motor reaction time speed in activity visual manual in the experimental groups studied.

**Key Words:** Motor practice, motor learning, serial reaction time, physiotherapy

## I. Introducción

Las habilidades motoras pueden tardar en ser adquiridas semanas o meses y pueden disminuir con el tiempo a falta de práctica continua. En esta perspectiva, es de vital importancia profundizar en las estrategias que mejoren la adquisición o retención de habilidades motoras, puesto que constituyen un gran valor científico e interés práctico. (Cano de la cuerda, 2017)

El aprendizaje motor ha sido definido de diversas formas en esta última década. Mientras que el control motor es conceptualizado en el dominio del movimiento ya adquirido, el aprendizaje motor está estructurado por un conglomerado de ideas abstractas, en las cuales se mencionan el proceso de adquisición o modificación de la habilidad propiamente dicha, ofreciendo además una perspectiva temporal centrada en las características del proceso de aprendizaje. Una vez lograda la habilidad motora es importante conectarla con el rendimiento motor. El rendimiento podríamos definirlo como el resultado obtenido por un individuo luego de la ejecución de una actividad con un fuerte componente motriz enmarcado en un continuum evaluativo.

El presente estudio abordará algunos vacíos existentes en la literatura científica, mencionará por ejemplo la utilización de la estimulación transcraneal de corriente continua y como obra sobre la fisiología celular de los procesos de aprendizaje y rendimiento motor. El efecto beneficioso de la estimulación transcraneal de corriente continua como estímulo biológicamente relevante, probablemente se deba al efecto modulador que ejerce sobre la corteza motora al disminuir el umbral de excitación y por tanto, incrementar la frecuencia de disparos neuronales.

Esto se traduciría en mejoras en la velocidad de tiempo de reacción motriz y por supuesto en un rendimiento motor mejorado.

## 1.1 Descripción y formulación del problema

En los últimos años hemos observado un avance significativo en nuestra comprensión acerca de los sustratos neuronales que estructuran el aprendizaje de las habilidades motoras, tales como escribir, jugar beisbol o manejar bicicleta , y como logran consolidarse fruto de la práctica repetitiva (Dayan, E. y Cohen, L.2011).En investigaciones previas se ha documentado a través de estudios de neuroimagen la reorganización funcional de circuitos neuronales, los cuales son directamente vinculantes a la adquisición, consolidación y retención de habilidades motoras. Muchos de nuestros conocimientos proceden de la observación del proceso de adquisición y modificación de una competencia motora, dentro de estas ideas es preciso analizar y comprender como se lleva a cabo el desarrollo de los factores que favorecen e inhiben el movimiento humano.

Las adquisiciones de nuevas habilidades motoras vienen acompañadas de modificaciones en la actividad neuronal y consecuentemente en la excitabilidad cortical. Por ejemplo, se observa modificaciones asociadas a la potenciación a largo plazo, tales como la inserción de receptores moleculares en la densidad postsináptica y síntesis de nuevas proteínas. La plasticidad observada en la corteza motora es importante para el aprendizaje de habilidades motrices, en particular en aquellas tareas que requieren velocidad y precisión espacio temporal, para la ejecución de algunas tareas motoras esto viene precedido por el adiestramiento perceptivo y el aprendizaje de la asociación sensorio motora( Papale, A y Hooks, B; 2017) .” Los aspectos sensorio motores incluyen la integración de la información sensorial entrante (extero o inter-receptiva) en la ejecución del movimiento para producir un movimiento consistente o para adaptarse a las demandas cambiantes”. (Papale, A y Hooks, B; 2017).

Algunas de las diferencias cognitivas estudiadas según sexo se exhiben en la variabilidad de tiempo de reacción, sin embargo hasta la actualidad los estudios muestran hallazgos

contradictorios en la generación de la respuesta motora digital, por sexo. Creemos que por eso es importante determinar la posible correlación entre la velocidad de tiempo de reacción motriz y el sexo.

## 1.2. Antecedentes

Hülsdünker,T., Mierau, A (2018) publicaron un estudio científico titulado “The athletes visuomotor system –Cortical processes contributing to faster visuomotor reactions” dicha investigación centro su interés en estudiar los procesos de adaptación estructural y funcional consecuentes a la práctica motora de élite, además hace hincapié en los procesos que subyacen las adaptaciones específicas de cada deporte y como éstas se reflejan en aspectos cognitivos, perceptivos y especialmente motores. Ésta revisión investigó los procesos visuomotores implicado en el tiempo de reacción visuomotora de deportistas de élite haciendo énfasis en la percepción y procesamiento del input visual y su transformación a un comando motor. Este estudio menciona también los mecanismos neurales subyacentes a las reacciones visuomotoras y el papel destacado de la corteza visual primaria y corteza visual secundaria en el procesamiento de la información visual. Este estudio proporciona una gran oportunidad para contribuir al conocimiento de los procesos visuales y como impactan en lo aspectos motores en respuesta al entrenamiento a largo plazo, la estimulación de la sinaptogénesis y el rendimiento de la velocidad de reacción visuomotora son aspectos a tomar en cuenta en este estudio ya que ofrece unas pistas muy importantes que ofrecen gran potencial para los deportes. Sobre el cimientto de una base científica confiable las investigaciones visuomotoras serán una herramienta eficaz para elevar la eficacia en el rendimiento de los deportes de élite.

La Torre –Roman, A., Fuentes,A., Garcia-Pinillos, F. y Salas-Sanchez, J.(2018)ejecutaron un estudio científico llamado”Reaction time of Preschool Children on the Ruler Drop Test: A Cross-Sectional Study with reference values” el presente estudio examinó

las diferencias de edad y género en la velocidad de tiempo de reacción motora en niños pre escolares utilizando para esto la prueba de la caída de la regla, la población estuvo conformada por un total de 3741 niños, de los cuales 1845 fueron mujeres y 1896 varones. La edad media fue de 11.14 meses, la población fue seleccionada a partir de 51 colegios del sur de España. Se recopilaron los datos de ambas manos según la edad y el género, los niños mostraron un desempeño más significativo que las niñas al comparar la puntuación media de ambas manos y las puntuaciones individuales de cada mano. Las niñas exhibieron una puntuación en la velocidad de tiempo de reacción motora significativamente más pobre a la edad de 4 años a 5 años en comparación con los niños de la misma edad. Para ambos grupos el rendimiento en la velocidad de tiempo de reacción se incrementó proporcionalmente acorde a la edad, a partir de los 5 años.

Legrain, V., Orban de Xivry, J., Lefevré, P. (2017) realizaron un estudio llamado "The superposition of the planning of the movement and the execution of the movement reduces the reaction time" este estudio se elaboró con una población de 31 personas, con edades comprendidas entre 20 y 38 años de edad, una edad media de 24 años. Todos los participantes del experimento no tenían antecedentes de trastornos neurológicos, además manifestaban una visión normal o corregida y no tenían consecuencias residuales de lesión en el miembro superior. Este estudio centra su interés en la relación existente entre la planificación motora y el tiempo de reacción, para esto se utilizó una tarea de división de línea virtual utilizando un brazo robótico, atendiendo a un objetivo cercano y otro lejano. Los participantes se sentaron frente al robot utilizando la mano derecha para controlar el asa robótica, ésta debería incidir sobre el objetivo cercano y el objetivo lejano representado por una línea negra, todo esto proyectado sobre un espejo horizontal. Se describieron trayectorias diferentes para el objetivo cercano y el objetivo lejano. En contraposición a lo que sugieren teorías actuales, la movilización hacia el objetivo cercano tuvo un tiempo de reacción mayor que la movilización

a los objetivos lejanos, debido a las demandas de precisión que impactaron sobre la velocidad de tiempo de reacción. Este estudio demostró que la exigencia de precisión merece una consideración adicional como factor a tomar en cuenta en la velocidad de tiempo de reacción registrado en el presente estudio.

Moradi,A., Esmailzadeh,S.(2017) publicaron el estudio “Simple reaction time and obesity in children: Is there a relationship?” esta investigación científica se llevó a cabo con una población de 354 niños de nueve a doce años de edad, provenientes de 3 escuelas de Irán. Se utilizó antropometría estándar y pruebas de tiempo de reacción simple para establecer la relación entre la velocidad de tiempo de reacción motriz e índice de masa corporal. Para esto se utilizó el instrumento de medición de altura telescópica (SECA 225) aproximada al milímetro más cercano. Para la medición del peso se utilizó la balanza electrónica (tipo SECA 861) los individuos registraron su peso sin tener el calzado puesto. No se tomó en cuenta factores de confusión como nivel socioeconómico, actividad física previa o edad. La evidencia sugería que aquellos individuos con un mayor porcentaje de grasa, exhibían una velocidad de tiempo de reacción lentificada en comparación con individuos con peso saludable. Sin embargo en este estudio no se observó una relación significativa entre el índice de masa corporal, grasa subcutánea y deterioro de la velocidad de tiempo de reacción. En este contexto debe mencionarse que según nuestros conocimientos algunos estudios han documentado la relación entre la velocidad de tiempo de reacción y la obesidad, tomando como indicadores el porcentaje de grasa subcutánea y el índice de masa corporal.

Kochan, NA., Bunce, D., Pont, S., Crawford, JD, Brodaty, H., y Sachdev, PS (2016) realizaron un estudio científico titulado “Reaction time measures predict incident dementia in community-living older adults: The Sydney Memory and Ageing Study” en el cual se tomó como población de estudio 861 adultos mayores entre 70 y 90 años, se utilizó para esto una metodología observacional analítica en un estudio de cohorte longitudinal seguido

bienalmente durante 4 años. En los hallazgos se obtuvieron 48 casos de demencia, destacando la variabilidad intraindividual del tiempo de reacción como predictor de riesgo del declive funcional asociado a demencia

Wood, D., Wyma, J., Yund, W., Herron, T., y Reed, B. (2015) presentaron un trabajo titulado "Factors influencing the latency of simple reaction time" el cual estuvo conformada por 1637 individuos voluntarios de la localidad de Rotorua, Nueva Zelanda los cuales previamente formaron parte de un estudio sobre los efectos neuropsicológicos relacionados a la exposición al sulfuro de hidrogeno en niveles variables. Las edades de los individuos participantes oscilaba entre los 18 y 65 años con una instrucción equivalente a 12.6 años representada con los siguientes porcentajes: 77.1% contaba con secundaria, de los cuales un 48.4% tenía un título académico superior estructurado en licenciatura 12.2%, maestría 3.0% y un doctorado 1.6%. Así mismo un 31.6% contaba con calificación técnica o comercial, el origen de los participantes era en su mayoría europeo (80%) y origen maorí de Nueva Zelanda (15.5%). El trabajo consistió en estudiar la latencia de los tiempos de reacción utilizando para esto un software que registra la velocidad en milisegundos. Para esto se calibró la prueba de elección y de esta manera analizar los factores influyentes en la latencia del paradigma presentado. Las latencias objetivadas en el tiempo de detección del estímulo no se vieron afectadas por la edad bajo los parámetros iniciales, sin embargo, el tiempo de detección del estímulo utilizando la asincronía en la presentación del mismo en el tiempo de reacción motriz se prolongó una media de 7 milisegundos. Las latencias en tiempo de reacción variaron con la edad y el tiempo de detección del estímulo se mantuvieron estables.

Antonini, T., Narad, M., Langberg, J. and Epstein. (2014) llevaron a cabo la investigación titulada "Behavioral correlations of reaction time variability in children with

and without TDAH” este estudio examinó si la variabilidad del tiempo de reacción en niños con trastorno por déficit de atención e hiperactividad, estaba asociada con indicadores de atención observados en el comportamiento. Ciento cuarenta y siete individuos conformaron la población de estudio, de los cuales ciento dos sujetos fueron diagnosticados con TDAH y 45 conformaron el grupo control, todos los participantes obtuvieron a través de la Escala de Inteligencia de Weschler al menos 80 puntos. La población afecta de TDAH y el grupo control fueron reclutados a través del sistema de escuelas locales. Los participantes se sometieron a 5 tareas neuropsicológicas computarizadas diseñadas especialmente para evaluar una variedad de aspectos de la neurocognición. Se sugiere que hay una relación entre la atención y la variabilidad de tiempo de reacción, esto se evidenció en las 5 cinco tareas neuropsicológicas diferentes, además es importante destacar que esta relación no se vio influenciada por el sexo, edad o por cuadros que manifiesten ansiedad o depresión.

Dykiert,D.,Der,G.Starr,J y Deary,J (2013) en su estudio, titulado ”Sex Differences in Reaction Time Mean and Intraindividual Variability Across the Life Span” estructurado en base a una población de 1994 participantes, constituida por niños y adultos con un rango de edad de 04-75 años, sostiene que las diferencias en tiempo de reacción pueden ser debidas a la influencia que ejerce las hormonas sexuales en el cerebro del adulto, pero no en el niño. Se observó un tiempo de reacción simple con un promedio significativamente más rápido en varones que mujeres a lo largo de la vida, sin embargo, no hubieron diferencias significativamente marcadas en el tiempo de reacción de elección en ambos sexos.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

- II.** Determinar la velocidad de tiempo de reacción motriz de la práctica motora comparada con la estimulación transcraneal de corriente continua en jóvenes de 18 a 23 años.

### **2.3.1 Objetivo Específico**

- a) Identificar la velocidad de tiempo de reacción de la práctica motora.
- b) Conocer la velocidad de tiempo de reacción motriz de la estimulación transcraneal de corriente continua.
- c) Conocer la velocidad de tiempo de reacción motriz según sexo.
- d) Conocer la velocidad de tiempo de reacción motriz según edad.
- e) Identificar la distribución del sexo y la edad.

### **1.4 Justificación**

El presente estudio resalta la importancia de explorar las diferencias de velocidad de tiempo de reacción teniendo en cuenta las diferencias de sexo, es por eso que resulta propicio realizar una aproximación simplificada de aquellas características que individualizan la velocidad de tiempo de reacción en varones y mujeres. En esta perspectiva, esta investigación aportará un núcleo teórico que servirá para cimentar el diseño y confección de futuros programas de rehabilitación que incidan en la recuperación de una variedad de habilidades motrices.

En este sentido, se comprende que los aspectos educativos metodológicos deben ser dirigidos a caracterizar la habilidad motora en su esencia principal: entender que tiene un fuerte componente motriz per se, que producto de la práctica ocasiona cambios relativamente permanentes y que, además, requiere un alto grado de precisión y exactitud.

Por otra parte, es importante concientizar a los profesionales de la rehabilitación de la importancia de conocer y analizar el tiempo de reacción en distintas poblaciones, para así poder protocolizar algunas intervenciones apoyadas en la tecnología y aprovechar al máximo la potencialidad individual de cada paciente.

Por consiguiente es importante destacar la importancia que tendrá el presente trabajo en la comunidad profesional, conocer la velocidad de tiempo de reacción les permitirá formular alternativas de intervención profesional y ofrecer una posible línea de investigación científica en estudios subsiguientes.

## II Marco Teórico

### 2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

En los últimos años el movimiento humano ha recibido considerable atención crítica desde diversas disciplinas científicas, los investigadores utilizan diversos métodos para lograr una comprensión científica y física de los fenómenos que subyacen a este campo en constante crecimiento, de hecho los métodos utilizados para el estudio de este complejo sistema han sido utilizados por la ingeniería de rehabilitación para el diseño de sistemas artificiales que emulen aspectos humanos y puedan tener un impacto significativo en áreas como la robótica, ingeniería biomédica y la protésica (Latash;2017).

Tal como señala Cano de la cuerda (2017) la aparente sencillez con la que se lleva a cabo la ejecución motora esconde la complejidad del sustrato neurofisiológico que sustenta dicha ejecución. El aparato locomotor es potencialmente ineficiente, con respuestas no ajustadas a la demanda y realmente ofrece baja fiabilidad. En otras palabras se requiere de un sistema especializado que tenga capacidad regulatoria y pueda optimizar todos los procesos subyacentes a la generación del movimiento humano con alto nivel de ejecución. Un aspecto clave a destacar es que para generar movimiento es necesario obtener información sensorial proveniente del entorno e información proveniente de los segmentos corporales, esta información es utilizada para planificar acciones motrices y corregir movimientos en curso, si éstos resultaran imprecisos o si alguna fuente ajena perturbara su ejecución correcta, el movimiento resultará distorsionado. Inicialmente la observación de la acción motriz es el método seleccionado para imitar el movimiento, actualmente se utiliza también como un método de intervención cognitiva para el aprendizaje motor, no obstante la mayoría de las funciones motoras tienen un fuerte componente físico cognitivo que se ve reflejado en el rendimiento motor. En este estudio y al igual que en investigaciones pasadas

hacemos mención al término capacidad motriz para referirnos al uso de determinados sistemas motores, que reflejan eficacia a bajo coste energético cuyo objetivo final es ejecutar un movimiento de manera óptima, es decir, minimizando errores y sin reducir la velocidad. La afirmación anterior es subsidiaria de un sistema nervioso indemne y de la actividad integrativa del sistema motor, a nivel distal la coordinación de la musculatura pequeña es aún más exigente, puesto que necesita niveles complejos de destreza manual donde se evidencia la coordinación óculo manual. De esta manera se destaca que la funcionalidad en la coordinación viso motora, implica la activación de patrones de actividad muscular, reclutamiento de unidades motoras, y ejecución de alto nivel, tres elementos diferenciados, pero a su vez interrelacionados para llevar a cabo una tarea motora.

En virtud de las investigaciones dirigidas a estudiar la coordinación óculo manual, se han realizado diversos abordajes científicos, sin embargo ha sido poco estudiado el tiempo de reacción como predictor de resultados importantes, por ejemplo se sabe que el tiempo de reacción es mejor predictor de mortalidad que las pruebas de inteligencia general Alice Heim 4. Empíricamente se sabe que el tiempo de reacción está asociado a la edad, una de las tantas fortalezas de estudiar las tareas de tiempo de reacción radica en que es más sencillo de diseñar y administrar que las pruebas psicométricas u otras medidas cognitivas.

Tal como señala Addie Johnson (2015) el tiempo de reacción (TR) llamado también tiempo de respuesta, es el tiempo que transcurre entre la aparición del estímulo y la emisión de la respuesta correspondiente. Una estratificación apropiada para comprender algunas de las tareas propias del tiempo de reacción, es la siguiente:

- a) Tiempo de reacción simple: Oprimir el interruptor cuando se escuche un sonido determinado.
- b) Tiempo de reacción de elección o disyuntivo: Presionar la Tecla A cuando se visualice un círculo verde y presionar la tecla B cuando se observe un círculo rojo.

- c) Tiempo de reacción go/no-go: Presionar la tecla correspondiente si se visualiza un número par y no ejecutar la presión en la tecla si se observa un número impar.
- d) Tiempo de reacción de discriminación: Oprimir la tecla A si los dos estímulos son morfológicamente homogéneos, y presionar la tecla B si los dos estímulos son morfológicamente heterogéneos.

Generalmente, cuando se lleva a cabo las tareas de tiempo de reacción (TR) se requiere que el sujeto participante ejecute la respuesta táctil lo más rápido posible, evitando incurrir en errores. Tal como menciona Nitsche et al (2003) una mención especial merece el tiempo de reacción serial (SRTT; serial reaction time task) que básicamente constituye una tarea de tiempo de reacción de elección. Consiste en responder de manera adecuada al estímulo determinado, por ejemplo se presenta en la pantalla de la computadora un asterisco, el cual va aparecer de manera aleatoria en 4 localizaciones equidistantes dispuestas horizontalmente, el sujeto deberá pulsar las teclas de manera espacialmente compatible a la presentación del estímulo lo más rápido posible, por tanto las principales medidas de rendimiento, tal como señala Johnson (2015) son el tiempo de reacción y la precisión de la respuesta obtenida en forma de errores ( esto significa pulsar la tecla “2” cuando realmente correspondía la pulsar la tecla “ 3”), convencionalmente se introducen periodos de descanso entre el intervalo de aparición de un estímulo y otro ,con una duración aproximada de entre 200 y 500 ms. Aunque el sujeto no es avisado, las diferentes secuencias con que aparecen los estímulos obedecen a un patrón, como consecuencia directa de esta repetición, los individuos manifiestan una reducción en la velocidad de tiempo de reacción, en comparación con aquellas secuencias que no obedecen a un patrón establecido.

A partir de la argumentación precedente está claro que la velocidad de tiempo de reacción es un componente de importancia capital, que forma parte de manera implícita de la

adquisición de habilidades motoras, caracterizándose éstas por la toma de decisiones rápidas y efectivas según demandas ambientales.

### 2.1.1 Sustrato neural de la ejecución motora

Los seres humanos tenemos la capacidad de responder a los estímulos ambientales. El sistema nervioso central recibe la información proveniente del medio externo e interno y con ello es capaz de elaborar un plan de acción que luego transporta información determinada al sistema motor, y éste mediante los órganos efectores, tales como los músculos y las glándulas llevan a cabo dicha acción (Cano de la cuerda, 2017). En cuanto al control de movimientos podemos distinguir claramente la planificación motriz, entendida como la elaboración de un conjunto de procesos relacionados con la preparación de un movimiento, donde se determina la fuerza y direccionalidad de la acción. Luego tenemos a la ejecución, la cual consiste en transportar la información al sistema muscular para que el movimiento se lleve a cabo. Dentro de esta perspectiva, precisemos antes que nada, que la función del sistema motor es estructurar y armonizar la actividad del sistema muscular para luego ser acoplado de manera integrativa en respuestas conductuales según demanda ambiental. Dicho esto, es importante acotar que el sistema motor obedece a un sistema de jerarquización, en la cual la corteza cerebral se sitúa con grandiosidad en la cima de la pirámide, luego estarían los centros moduladores que incluyen a los núcleos basales y al cerebelo, en seguida una jerarquía intermedia conformada por el tronco encefálico y las estructuras diencefálicas, y finalmente el nivel inferior ocupado por la médula espinal Cano de la cuerda (2017).

### 2.1.2 Corteza cerebral

El córtex cerebral es la estructura a partir de la cual se generan los movimientos voluntarios, éstos, se caracterizan por tener implícita la direccionalidad y además, mejorar a través de la práctica repetitiva, gracias a los mecanismos de retroalimentación y acción anticipadora tal como señala Cano de la cuerda (2017). Cabe destacar que los movimientos volitivos son sustancialmente diferentes de los reflejos, ya que los

movimientos voluntarios pueden desencadenarse por un estímulo externo o motivación interna, en contra parte los reflejos se producen solo por estímulos externos. Así mismo, el córtex cerebral es el centro integrador de la información que recibe de los centros moduladores y de la retroalimentación procedente de señales periféricas, cuando el movimiento es adecuado, se registra para su posible uso en el futuro.

De esta manera, la principal función del córtex cerebral es la planificación del movimiento y ejecución de actividades motrices de alta complejidad.

### 2.1.3 Núcleos basales

Los núcleos basales son un conjunto de masas de sustancia gris situadas en la profundidad de cada hemisferio cerebral, constituyen un sistema ligado íntimamente a la corteza cerebral, de tal manera que reciben las aferencias proporcionadas por el córtex y devuelven casi todas sus eferencias, además está vinculado al sistema cortico espinal. De este modo, los núcleos basales intervienen en la planificación e iniciación del movimiento, sin embargo la función central de los núcleos basales es suministrar información interna para poder realizar los movimientos de manera correcta y suave. Cumplen una función primordial en el inicio selectivo de la ejecución de actividades motrices, así como en la inhibición de movimientos inapropiados.

Así, la función de los núcleos basales está fuertemente vinculada a garantizar el curso normal de los movimientos de naturaleza volitiva. Cabe considerar, por otra parte, que los núcleos basales tienen la propiedad de poder modificar la secuencia de movimientos y graduar su intensidad.

### 2.1.4 Cerebelo

El cerebelo es el órgano ubicado en la fosa craneal posterior, encargado de la modulación de actividades motoras. Se ha descubierto que no solo está involucrado en dichas

funciones, sino que también ejerce un papel modulador en el lenguaje, aprendizaje, mantenimiento de la atención y emociones. En cuanto a la proporción de información que atañe al cerebelo, se sabe que recibe un volumen proporcionalmente mayor de aferencias que de eferencias, lo cual nos indica que es una estructura importantísima, donde converge información sustancialmente relevante. Tal como indica Cano de la cuerda (2017) estas aferencias provienen de diferentes regiones del sistema nervioso central y proporcionan información sobre el plan motor y sobre la forma en que los actos motores se ejecutarán. Además cumple un papel inhibitor sobre algunos núcleos profundos para poder dar forma al movimiento y así poder controlar el movimiento voluntario.

#### 2.1.5 Diencéfalo

Es la parte del encéfalo más desarrollada durante la evolución humana. Está compuesta por las estructuras que rodean al tercer ventrículo: Tálamo, estación de todas las vías neurológicas ascendentes, además establece conexiones bidireccionales con los núcleos basales y el córtex cerebral; el hipotálamo, estructura de importancia capital por su papel modulador en la funcionalidad corporal interna, y finalmente el subtálamo y epitálamo.

#### 2.1.6 Tronco encefálico

Tal como indica Cano de la Cuerda (2017) el tronco encefálico es una estructura que media la conexión de la médula espinal con estructuras superiores, además, modula la función de centros motores medulares. En la región central del tronco encefálico se encuentran aglutinaciones importantes de sustancia reticular, cabe considerar por otra parte, que esta zona es el punto de salida de los pares craneales. A título ilustrativo, indicaremos, que el tronco encefálico sirve como estación de relevo para las “señales de mando” procedentes de centros neurales jerárquicamente superiores. Ahora bien, constituye el sustrato anatómico de especial

importancia para el control del equilibrio y el movimiento corporal, en relación al sistema motor provee de soporte al cuerpo frente a la acción de la fuerza de la gravedad.

Podemos concluir, a partir de la argumentación precedente, que el tronco encefálico interviene en el control postural axial a través de la integración de diversos tipos de información sensorial: el input vestibular, input somatosensorial y el input visual. Este conglomerado de información es transportado a través de diversos circuitos y alcanzan la formación reticular.

#### 2.1.7 Estimulación transcraneal de corriente continua

El abanico de posibilidades que ofrece la estimulación cerebral no invasiva, más comúnmente conocida por sus siglas en inglés como NIBS (Non invasive Brain Stimulation) es enorme, las técnicas aplicadas hasta el momento han logrado modular las funciones cognitivas y motoras en el ser humano. La tDCS es una técnica de estimulación cerebral no invasiva, indolora, que modifica las propiedades eléctricas de la membrana de las neuronas corticales, esto se consigue debido a que la tDCS entrega corrientes de baja intensidad sin llegar a generar un potencial de acción (Bennabi et al 2014).

El mecanismo a través del cual actúa la estimulación transcraneal de corriente continua se sustenta en las propiedades de la estimulación anódica y catódica. La estimulación anódica induce un efecto estimulador, facilitando de esta manera la probabilidad de disparos neuronales y consecuentemente la excitabilidad cortical. Por su parte, la estimulación catódica ejerce un efecto inhibitor, disminuyendo así, las probabilidades de despolarización de la membrana neuronal, lo cual se traduce en una menor actividad a nivel cortical (Bennabi et al 2014).

#### 2.1.8 Práctica Motora

Las habilidades motoras pueden tardar en ser adquiridas semanas o meses y pueden disminuir sustancialmente con el tiempo a falta de práctica continua. Por lo tanto, las estrategias que mejoran la adquisición o retención de habilidades son de gran valor científico e interés práctico (Cano de la Cuerda, 2017).

Una característica resaltante de la adquisición de habilidades motoras es el efecto de la práctica motora como puente entre el aprendizaje motor y la consecución de la habilidad motora propiamente dicha. Como principio general sabemos que la realización de una habilidad motora se incrementa en función de la cantidad de veces que se practique o en su defecto, del número total de errores que se comentan. Esta regla aplica a todo aquellos comportamientos que implican una habilidad, a nivel cognitivo o a nivel motor.

Según , Cano de la Cuerda (2017) la practica motora permite que se dé un proceso selectivo, el cual se caracteriza por la eliminación progresiva de desaciertos que implica mayor demanda de esfuerzo o tiempo, reemplazándolas por alternativas más idóneas.

De esta manera, podemos argumentar con seguridad, que los efectos de la práctica motora en el proceso de aprendizaje de habilidades de naturaleza motriz se traducen en:

- a) Un aumento importante en la velocidad de ejecución.
- b) Se observa un nivel mayor de exactitud.
- c) Reducción de errores producto de la práctica.
- d) Atenuación de la demanda atencional en la ejecución motora.

Concluyendo esta sección podemos decir, que la práctica motora, proporciona la consecución de respuestas precisas y óptimas, todo esto gracias a la integridad de los órganos sensoriales y el feedback interno. La información lograda es enviada al cerebro para realizar una comparación importante: lo que sucede con lo que debería suceder, y con base en esto, realizar los ajustes necesarios para compensar. En efecto, si se desencadena una respuesta motora debido a un estímulo en particular, y ésta respuesta es exitosa, entonces la actividad

neuromuscular asociada a dicha respuesta es almacenada en la memoria como un programa motor. El uso continuo del programa motor para la ejecución motriz incrementa componente del acto motor por se cómo la velocidad y precisión con la que se hace la selección del programa.

Es razonable concluir, que a medida que se ejecuta la práctica motora el tiempo de decisión disminuye y se selecciona movimientos más eficientes de acuerdo a las demandas ambientales (Brueckner,D.,Gopfert,B.,Kiss,R. y Muehlbauer, T., 2019)

#### 2.1.9 Edad

Las expectativas actuales de salud y vida en muchos países desarrollados y en vías de desarrollo se han incrementado considerablemente en la última década, y se espera con toda seguridad que sigan mejorando. En contraste a las definiciones estáticas de los demógrafos, hoy en día se propone definiciones dinámicas alternativas respecto de la edad.

Una mejor comprensión de la ciencia para la edad, requiere de manera imperiosa nuevos enfoques, por ejemplo, hoy en día la investigación gerontológica con visión de futuro propone una nueva definición de edad, utilizando el término edad prospectiva, la cual alude al concepto de generar nuevos umbrales de vejez.

La mayoría de literatura científica hace mención que los humanos tenemos dos edades diferentes: edad cronológica, entendida como la cantidad de años que vive una persona, y edad biológica que es la edad que aparenta la persona, esta última tiene en cuenta estilos de vida, alimentación, calidad del sueño, hábitos nocivos etc.

La edad cronológica aproxima de modo inconsistente el número de años que se ha vivido o la presunta aproximación a las postrimerías de la vida, sin embargo, nadie muere por la cantidad de años acumulados o ser muy viejo en edad. La edad cronológica es finalmente una variable referencial. Actualmente se considera de interés prioritario ampliar la visión del concepto

“edad”, puesto que la edad cronológica o cantidad de años que vive una persona, es una etiqueta escasamente relevante en las investigaciones contemporáneas. Desde diversos análisis críticos conviene no solo hablar de edad cronológica, sino también de edad social, edad psicológica y edad biológica de la vejez.

### **III. Método**

#### **3.1 Tipo de investigación**

El presente estudio es de tipo descriptivo, observacional, retrospectivo, transversal y no experimental.

##### **3.1.1 Hipótesis del estudio**

La velocidad de tiempo de reacción motriz de la práctica motora es mayor a la velocidad de tiempo de reacción de la estimulación transcraneal de corriente continua en jóvenes de 18 a 23 años

#### **3.2 Ámbito temporal y espacial**

##### **Delimitación espacial:**

El análisis se encuentra enfocado en la caracterización de la velocidad de tiempo de reacción proporcionada por una base secundaria de datos recabada en España, Comunidad Autónoma de Galicia, Concello de Oleiros.

##### **Delimitación temporal:**

El estudio se refiere en particular a una base de datos cuyos datos fueron tomados en el año 2018.

### 3.3 Variables

Las variables estudiadas en el presente trabajo fueron la velocidad de tiempo de reacción motriz y sexo.

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>VELOCIDAD DE TIEMPO DE REACCIÓN</b>	La velocidad de tiempo de reacción se refiere al tiempo que transcurre entre la aparición del estímulo y la emisión de la respuesta correspondiente.	Es una variable de tipo cuantitativa representada por el registro de respuesta en milisegundos	Procesamiento cognitivo	Coordinación viso motriz
<b>SEXO</b>	Característica genotípica que diferencia hombres de mujeres.	Es una variable de tipo cualitativa de naturaleza dicotómica representada por el binomio varón-mujer.	Biológica	Masculino  Femenino

### 3.4 Población y muestra

La población estuvo constituida por 70 adultos jóvenes. Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. La muestra fue de 30 adultos jóvenes con edades comprendidas entre 18 y 23 años, todos ellos pertenecientes a la facultad de ciencias del deporte

del INEF-GALICIA. Se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los participantes, además se les mencionó de manera escrita y oral de las posibles contra indicaciones.

### 3.5 Instrumentos

Para la medición de la velocidad de tiempo de reacción se contó con dos instrumentos:

**Hardware:** Se utilizó un ordenador personal marca Dell con teclado con características técnicas según anexo 1.

**Software:** Se contó con el software Superlab 4.0, el cual registra la velocidad de tiempo de reacción motriz en milisegundos, las características técnicas se detallan en el anexo 2.

### 3.6 Procedimientos

En la presente investigación se utilizó la base de datos obtenida a partir de un estudio de investigación previo titulado “Effects of transcranial direct current stimulation on motor retention” de autoría propia. Del trabajo en mención, solo se utilizó algunos registros en bruto, con la finalidad de realizar un trabajo descriptivo de los grupos de interés. Se administró la tDCS utilizando un equipo portátil denominado NeuroConn Dc- Stimulator plus, utilizando dos electrodos rectangulares con una superficie de 35cm<sup>2</sup> cada uno. Los electrodos se colocaron en la zona supra orbital para estimulación catódica y en el punto craneométrico C3 para la estimulación anódica. La muestra se dividió en dos grupos con los siguientes protocolos:

- a) Grupo 1: Solo práctica motora
- b) Grupo 2: tDCS+ práctica motora

El grupo 1 solo realizó, práctica motora y ésta consistió en la pulsación de teclas de manera espacialmente compatible a la presentación de targets en la pantalla del ordenador. Estos estímulos se distribuyeron al azar a razón de 12 bloques de 40 estímulos con periodos de descanso de 15 segundos entre bloques. El grupo 2 realizó primero la estimulación transcraneal

de corriente continua y luego la práctica motora. Es importante recalcar que ambos grupos solo usaron la mano dominante para la ejecución de la tarea motora, en esta condición, la mano derecha.

Para la recolección de dicha información se solicitó autorización para la toma de registros a la Facultad de Ciencias del Deporte-INEF, así mismo se coordinó los horarios de aplicación de las pruebas, presentación y firma del consentimiento informado. La técnica de recolección de datos fue el test, ya que se aplicó un pre test y post test a los miembros del estudio; para garantizar la confidencialidad de los datos registrados se les asignó un código correspondiente a los nombres de los participantes y fueron almacenados en una base de datos digital al cual solo el investigador tuvo acceso.

### **3.7 Análisis de datos**

Los registros se exportaron a Microsoft Excel 2013 para someterlos a un proceso de limpieza, el proceso en mención se estructurará en 3 etapas. Los análisis se realizarán realizando usando el paquete estadístico SPSS 23.0 para Windows.

### **3.8 Consideraciones éticas**

Aunque los marcos regulatorios difieren entre países, el principio común hace énfasis en la seguridad de los participantes y en la conducta profesional. Hay 6 condiciones que proporcionan un marco idóneo para el desarrollo ético de las investigaciones:

- 1. Valor:** Los resultados obtenidos en la investigación deben buscar mejorar el conocimiento académico o la salud.
- 2. Validez científica:** La investigación debe ser metodológicamente coherente y sensata, con lo cual se evita que los individuos participantes repliquen una y otra vez la investigación.

**3. La selección de seres humanos o sujetos debe ser justa:** Los participantes de las investigaciones científicas serán seleccionados sin prejuicios de índole personal o preferencias especiales.

**4. Proporción favorable de riesgo/ beneficio:** En investigación, los riesgos a los cuales son sometidas las poblaciones en estudio deben ser menores a los beneficios obtenidos por ellas como fruto del estudio. De esta manera, una correcta relación entre riesgo y beneficio favorable, acredita que un estudio pueda considerarse ético.

**5. Consentimiento informado:** Los individuos serán expresamente informados acerca de los riesgos y beneficios potenciales de la investigación y darán voluntariamente su consentimiento antes de convertirse en participantes de la investigación.

**6. Respeto para los seres humanos participantes:** La protección de datos personales será de importancia capital para los participantes de la investigación científica. Naturalmente tendrán la opción de abandonar la investigación y tener un seguimiento para asegurar su bienestar

#### IV.-RESULTADOS

Tabla 1

*Velocidad de tiempo de reacción de la práctica motora versus la velocidad de tiempo de reacción producto de la estimulación transcraneal de corriente continua*

Protocolo aplicado	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Pre test Práctica Motora	15	406,807	42,7687	11,0428
Pre test Práctica motora y TDCS	15	390,893	59,7280	15,4217
Post test Práctica motora	15	374,573	38,3696	9,9070
Post test Práctica motora y tDCS	15	352,993	34,7634	8,9759

En la tabla 1 se presenta la velocidad de tiempo de reacción de la práctica motora versus la velocidad de tiempo de reacción producto de la estimulación transcraneal de corriente continua, donde la media de la velocidad de tiempo de reacción motriz en el pre test de práctica motora fue de 406,807 milisegundos. La media de la velocidad de tiempo de reacción motriz en el pre test de la práctica motora y tDCS fue de 390,893 milisegundos.

En el pos test, la media de la velocidad de tiempo de reacción motriz de la práctica motora fue de 374,573 milisegundos. Y en el post test del protocolo donde se aplica la práctica motora combinada con la aplicación de la estimulación transcraneal de corriente continua la media fue de 352,993 milisegundos.

Tabla 2

*Prueba t-Student: Promedio total de la velocidad de tiempo de reacción de la práctica motora versus la velocidad de tiempo de reacción producto de la estimulación transcraneal de corriente continua.*

Grupo	Sujetos	Media	Desviación Estándar	p
Práctica Motora	15	374.57	38.36957	0.6419
Práctica motora+tDCS	15	360.19	43.55123	

La tabla 2 muestra el promedio de ambos tratamientos, al realizar la prueba de t-student se observa que el  $p > 0,05$ , por lo tanto, se evidencia que no existe cambios estadísticamente significativos entre los tratamientos de práctica motora y estimulación transcraneal de corriente continua, respecto de la velocidad de tiempo de reacción motriz

Tabla 3

*Velocidad del tiempo de reacción de la práctica motora y estimulación transcraneal de corriente continua.*

Grupo	Sujetos	Promedio	Desviación Estándar
Práctica motora	15	374,57	38.369
Práctica motora y tDCS	15	360,19	43.55123
TOTAL	30	367,38	40.9861

En la tabla 3 se muestra el promedio final de ambos tratamientos sin distinción del sexo, la cual establece que el valor final del grupo que realizó la práctica motora fue de 374,57 milisegundos, con desviación estándar de 38.369

El valor final del grupo que realizó práctica motora y estimulación transcraneal de corriente continua fue de 360,19, con desviación estándar de 40.9861.

Tabla 4

*Velocidad de tiempo de reacción según sexo*

	N	Media	Desviación Estándar	p
Masculino	21	357,176	40,6769	0,7439
Femenino	9	391,2	32,269	0,2561
Total	30	367,38	40,986	0,5122

En la tabla 4 se muestra la velocidad de tiempo de reacción motriz según sexo, donde se señala que la media de la velocidad del tiempo de reacción motriz en el post test para los participantes del sexo masculino fue de 357,176 y del sexo femenino fue de 391,2, siendo el  $p = 0,512$ .

Esto evidencia que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el sexo y la velocidad final del tiempo de reacción

Tabla 5

*Velocidad de tiempo de reacción según edad*

Edad	N	Media	Desviación. Estándar	p
18 a 20 años	17	358.64	39.408	0.816
21 a 23 años	13	378.81	41.702	0.591
Total	30	367.38	40.986	0.408

En la tabla 5 se observa la velocidad de tiempo de reacción según edad, donde el grupo etario de 18 a 20 años tuvo un promedio de velocidad de tiempo de reacción de 358.64 milisegundos en ambos tratamientos, con una desviación estándar de 39.408 y con  $p=0,816$ .

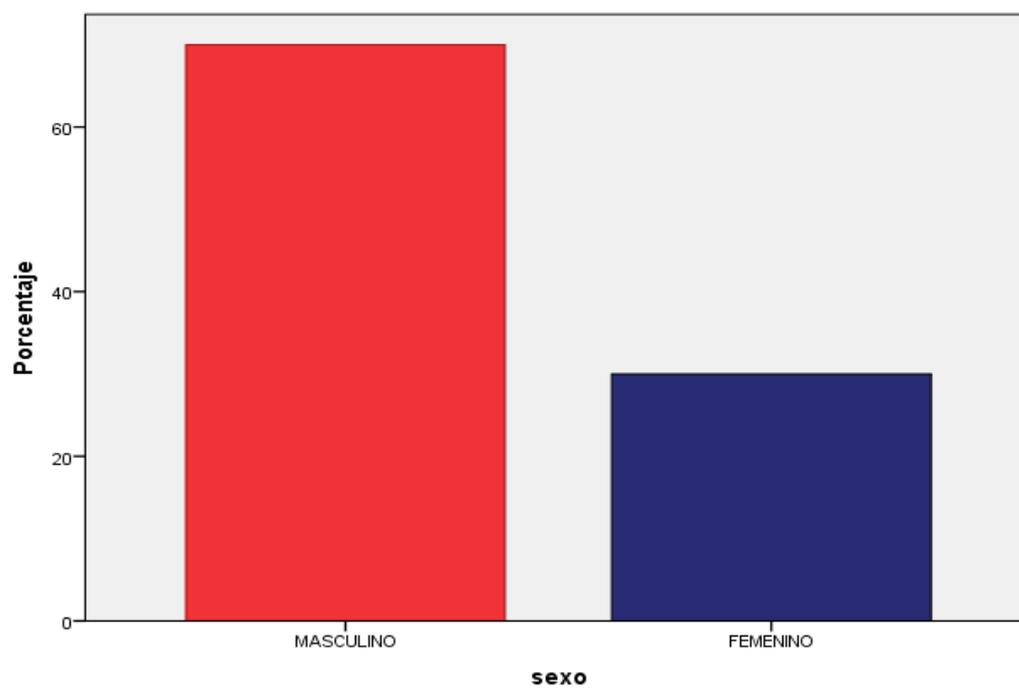
El grupo etario de 21 a 23 años tuvo un promedio de velocidad de tiempo de reacción de 378.81 milisegundos en ambos tratamientos, obteniendo una desviación estándar de 41.702 con  $p= 0.408$ .

Tabla 6

*Distribución por porcentaje según sexo*

	Sujetos	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Masculino	21	70,00	70,0
Femenino	9	30,0	30,0
Total	30	100,0	100,0

En la tabla 6 se exhibe la distribución por porcentaje según sexo, la cual indica que un total de 21 hombres representaron el 70% de la población en estudio. El otro 30% estuvo conformado por 9 mujeres.

*Figura 1. Distribución por Porcentaje Según Sexo*

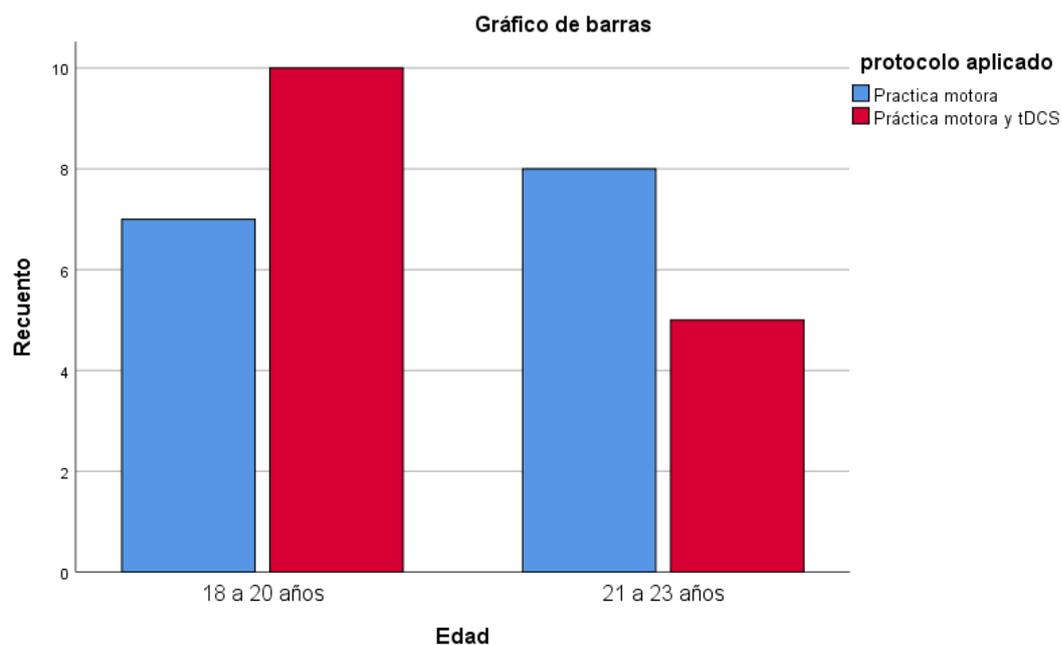
La muestra estuvo estructurada en base a 21 hombres y 9 mujeres. Los hombres representaron el 70% de la muestra y las mujeres el 30%

Tabla 7

*Edad y Protocolo Aplicado*

Edad	Práctica Motora	Práctica motora+tDCS	Total
18-20 años	7	10	17
21-23 años	8	5	13
Total	15	15	30

La tabla 7 muestra la edad y protocolo aplicado, la cual establece que el tratamiento de práctica motora estuvo conformado por 7 individuos de 18 a 20 años. De igual manera, el tratamiento de práctica motora+tDCS estuvo estructurado en base a 10 individuos de 18 a 20 años. El segundo grupo etario de 21 a 23 años en el tratamiento de práctica motora estuvo conformado por 8 individuos. De igual forma, el tratamiento de práctica motora +tDCS estuvo formado por 5 individuos de 21 a 23 años.

*Figura 2. Edad y Protocolo Aplicado*

En la figura 2 donde se muestra la distribución según edad y protocolo aplicado se establece que el grupo etario de 18 a 20 años que realizó el tratamiento de práctica motora estuvo conformado por 7 sujetos experimentales. De igual manera, el tratamiento de práctica motora más estimulación transcraneal de corriente continua estuvo compuesto por 10 participantes cuyas edades están comprendidas entre los 18 y 20 años.

La intervención de práctica motora estuvo compuesta por 8 individuos, cuyas edades oscilaban entre los 21 y 23 años. Así mismo, el tratamiento de práctica motora más estimulación transcraneal de corriente continua estuvo estructurado en base a 5 individuos con edades que oscilaban entre los 21 y 23 años de edad.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El primer objetivo este estudio fue determinar la velocidad de tiempo de reacción motriz producto de la práctica motora, y la velocidad de tiempo de reacción motriz post estimulación transcraneal de corriente continua. Los resultados indican que no se encontraron disminuciones significativas en la velocidad de tiempo de reacción motriz producto de la estimulación transcraneal de corriente continua, ni en la velocidad de tiempo de reacción motriz, luego de ejecutar la práctica motora. Una explicación tentativa para los resultados obtenidos se sustenta en lo mencionado por Opitz,A (2015) donde expone cómo la diversas características anatómicas del cráneo ejercen un efecto dispersivo sobre los campos eléctricos inducidos por la estimulación transcraneal de corriente continua, trayendo como consecuencia dificultades para la focalización del flujo de corriente y localización precisa de áreas cerebrales estimuladas. Dentro de este orden de ideas, Opitz,A (2015) remarca que la distribución espacial de la corriente inyectada en el córtex cerebral es un determinante primario de los efectos neuronales y conductuales. Esto es debido a que la distribución del campo eléctrico puede no ser homogénea y pasar en mayor cantidad por áreas del cráneo donde el hueso es más delgado. Cabe considerar, por otra parte, que la distribución del campo eléctrico, depende sistemáticamente de otros elementos anatómicos, tales como la composición y el grosor craneal suprayacente, la cantidad de líquido céfalo raquídeo localizado entre la corteza cerebral y el cráneo, las meninges y la profundidad del surco.

Hay sin embargo otras explicaciones posibles. En relación con los parámetros establecidos, en este estudio se utilizaron 20 minutos de estimulación, con una intensidad de 1 mA y 10 milisegundos de rampa de subida y de bajaba. Tal como señala Molero (2018) los parámetros de estimulación, entre ellos el factor tiempo, pueden determinar el rendimiento motor de la tarea. En su investigación utilizó una sola sesión de estimulación transcraneal de

corriente continua en modo anódico, 1.5mA durante 15 min aplicados sobre la corteza motora primaria izquierda, luego se evaluó los efectos a los 0, 30 y 60 minutos en una tarea de tiempo de reacción simple de ir/no ir. Se mejoró el rendimiento motor cero minutos después de la aplicación de la estimulación transcraneal de corriente continua en modo anódico durante la ejecución de la tarea. El rendimiento motor 30 minutos después del suministro de estimulación transcraneal de corriente continua en modo anódico, adquirió mejoras solo en el último bloque de la tarea de tiempo de reacción. Luego de transcurrir 60 minutos de la aplicación de estimulación transcraneal de corriente continua en anódico, el rendimiento no fue significativamente diferente durante la tarea. Estos hallazgos sugieren que las modificaciones en la excitabilidad del córtex motor inducidos por estimulación transcraneal de corriente continua pueden mejorar la respuesta motora. Estos efectos dependen de manera decisiva del tiempo transcurrido entre la estimulación y el desempeño de la tarea.

En esta perspectiva, la velocidad de tiempo de reacción motriz estudiada a partir de la práctica motora no obtuvo mejoras significativas. Esto probablemente se deba al efecto techo, puesto que al haber déficit en el escalafón de dificultad de los ítems, no se aprovechó la potencialidad real de cada participante. En un metaanálisis de Calamia (2013) demostró que los efectos de la práctica motora están moderados por una serie de diversos factores, entre los que se puede destacar algunas variables demográficas, como el nivel de instrucción y la edad.

El diseño del estudio puede afectar también los efectos de la práctica motora así como el estado de salud previo de los participantes. Este metaanálisis también demostró que se pueden obtener efectos diferenciales de la práctica motora a través de la utilización de diferentes dominios cognitivos. Por ejemplo, se ha observado que hay efectos más grandes de la práctica en las pruebas de memoria visual que en las pruebas que aprovechan otros dominios cognitivos.

Se ha documentado que los efectos de la práctica varían según la condición de la tarea seleccionada. Para ejemplificar esto podemos hacer mención de lo expuesto por Calamia (2013) donde señala que un nivel de instrucción bajo y edad avanzada tienen efectos de práctica más reducidos. Curiosamente, estos efectos se dan también, cuando la tarea es ejecutada con intervalos de repetición más largos y con el uso de formas alternativas de los ítems. Así mismo, otros estudios como el de Duff (2012), han mostrado que los efectos sustanciales de la práctica se dan en aquellos sujetos con un mayor nivel de inteligencia. Sin embargo, se ha informado en otros estudios que los efectos de la práctica motora no están correlacionados con otros dominios cognitivos.

Si bien la relación negativa entre los efectos de la práctica motora y la velocidad de tiempo de reacción motriz puede ser contraintuitiva, en realidad pueden estar respaldados por evidencia emergente que sustenta la posibilidad de interacciones compensatorias entre la memoria declarativa y memoria procedimental. Se sabe que pacientes con déficit fronto estriatal en la enfermedad de Parkinson, tienen la memoria procedimental dañada, sin embargo, los estudios de resonancia magnética funcional han demostrado que estas deficiencias pueden verse compensadas por una memoria declarativa indemne. Por ejemplo, en personas afectas de Parkinson se ha observado mejoras en el aprendizaje y en la adquisición de habilidades motrices a través de estrategias explícitas de memoria. Hoy en día, aún existe el debate sobre si al gozar de indemnidad la memoria procedimental y declarativa son competitivas o cooperativas, sin embargo, hay evidencia que al deteriorarse una de ellas, la otra puede tener un efecto compensatorio que impacte en la función. Otra tarea de especial interés en el presente estudio fue identificar la velocidad de tiempo de reacción motriz y las implicancias de la edad y el sexo en ello. Kyllonen (2016) afirmó en su trabajo que la velocidad de tiempo de reacción motriz y la precisión tenían un impacto directo en el rendimiento de las pruebas de capacidad cognitiva, tal es así que las investigaciones se han centrado en evaluar el incremento de la puntuación o

los progresos en la precisión, desatendiendo las mejores relacionadas al tiempo de respuesta. Hasta donde conocemos la velocidad y la precisión juegan un papel central en el rendimiento motor, generalmente se establece un límite de tiempo para completar una cantidad determinada de tareas, en este caso se trató de 12 bloques de 40 estímulos con periodos de 15 segundos de descanso para completar la tarea. El impacto de las características de la población, como la edad, en la reducción de la velocidad del tiempo de reacción han sido mixtas. Por ejemplo, Bürki et al. (2014) llevaron a cabo una investigación donde se evaluaba la memoria de trabajo de 65 adultos mayores y 63 adultos jóvenes. Sorprendentemente, se evidenció que ambos grupos experimentales obtuvieron disminuciones de la velocidad de tiempo de reacción similares durante el entrenamiento, aunque el grupo conformado por adultos mayores exhibió tiempos de reacción generalmente de mayor latencia.

Desde un punto de vista estrictamente teórico, con el paso del tiempo, el sustrato anatómico que estructura la memoria procedimental sufre cierto deterioro a nivel neuronal, consecuentemente se observa que la capacidad de automatizar el rendimiento motor disminuye con la edad, así como también disminuye la velocidad de tiempo de reacción motriz. La edad modera el tamaño de la reducción de la velocidad de reacción y esto podría correlacionarse con la capacidad decreciente de aprender de experiencias previas de prueba y disminución de inteligencia fluida. Dentro de las edades seleccionadas en el presente trabajo, no hubo diferencias sustanciales en la adquisición de la automatización, por tanto, no se encontró ningún efecto moderador de la edad. La complejidad de la tarea también es un factor a tomar en cuenta, puesto que es un predictor determinante de la reducción del tiempo de respuesta. Al ejecutar una tarea más compleja consume mayor cantidad de recursos atencionales, incrementando de esta manera la latencia e impactando en el tiempo de respuesta.

Estudios más recientes resaltan la importancia del procesamiento contextual en la toma de decisiones. El procesamiento contextual es una habilidad cognitiva que permite extraer

información ambiental relevante del entorno inmediato, para facilitar la ejecución de una tarea u objetivo en particular. Para ejemplificar esta definición podemos hacer mención de lo siguiente: cada vez que conducimos un vehículo y observamos el cambio de color de las luces del semáforo, procesamos información contextual. El uso de esta cadena de eventos, nos permite seleccionar la respuesta adecuada y optar por frenar y detener el carro o avanzar. En el presente estudio no descartamos que el procesamiento contextual haya mellado los tiempos de respuesta de los participantes, es posible que aquellos individuos que registraron un tiempo de reacción menor hayan podido procesar información contextual predictiva para dar celeridad al procesamiento cognitivo de la toma de decisiones frente al estímulo relevante. Sin embargo, no podemos descartar que el procesamiento contextual tenga efectos diferenciales en cada uno de los participantes, y esto se haya visto revelado en una menor decisión de confianza frente a la detección de objetivos o la identificación errónea de secuencias predictivas; reflejándose en un intervalo temporal más dilatado frente a la selección de la respuesta idónea.

## VI. CONCLUSIONES

En atención al objetivo general planteado, se evidencia, a través de pruebas estadísticas que no existe diferencias significativas en la velocidad de tiempo de reacción alcanzada por la práctica motora, en comparación con la velocidad de tiempo de reacción motriz lograda por la estimulación transcraneal de corriente continua. Dentro de este marco, en relación al primer objetivo específico, no hubo una disminución estadísticamente significativa de la velocidad de tiempo de reacción motriz al hacer una comparativa entre el pre test y el post test en el protocolo de práctica motora en ambos sexos. De igual manera, estadísticamente no se determinó cambios en los registros de la velocidad de tiempo de reacción motriz en el pre test y el post test en el protocolo de estimulación transcraneal de corriente continua, que resulten significativos ( $p < 0,05$ ). Ahora bien, atendiendo al tercer objetivo específico de este estudio, podemos mencionar que no se evidenciaron cambios estadísticamente significativos, que permitan sustentar diferencias relevantes en la velocidad de tiempo de reacción motriz según el sexo. En balance, los datos obtenidos luego de estudiar la velocidad de tiempo de reacción motriz según edad, nos indican que no hay diferencias significativas en los grupos experimentales estudiados. El grupo etario conformado por individuos de 18 a 20 años no fue más veloz que el grupo constituido por individuos de 21 a 23 años de edad. Finalmente, es importante mencionar que la población de este estudio, estuvo estructurada por individuos de ambos sexos. Un total de 21 varones formaron parte de este estudio, representando así el 70% de la totalidad de los participantes. El otro 30% estuvo conformado por mujeres, ascendiendo a la cantidad de 9 participantes.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Sería interesante realizar estudios con poblaciones geriátricas e infantiles, y de ser posible registrar como la velocidad de tiempo de reacción motriz evoluciona a lo largo de la existencia del individuo.
2. Es alentador comparar estos resultados con los obtenidos por los autores Dykiert,D.,Der,G.Starr,J y Deary,J (2013) ya que hubo coincidencia en los hallazgos de diferencias por sexo en el tiempo de reacción simple obtenidos por ellos y nuestros resultados. Por tanto, basándonos en la investigación precedente se recomienda hacer un análisis pormenorizado acerca de la influencia de las hormonas sexuales sobre la velocidad de tiempo de reacción motriz.
3. Tendría una importancia de alcances notables profundizar acerca de cómo el efecto de la aplicación de la estimulación cerebral no invasiva obra sobre la fisiología motora y por consiguiente en la velocidad de tiempo de reacción motriz.
4. Se sugiere un mayor estudio de la velocidad de tiempo de reacción motriz desde el enfoque neurofisiológico, puesto que cimentar los conocimientos sobre el sustrato neural implicado en el tiempo de reacción motriz ayudaría a poder determinar posibles estructuras lesionadas que afecten el rendimiento motor.
5. Futuras investigaciones deberían centrarse en la implicancia de los procesos atencionales sobre la velocidad de tiempo de reacción motriz.
6. Es necesario seguir trabajando en estructurar diversos parámetros de estimulación cerebral no invasiva y de esta manera afinar las intervenciones terapéuticas.

### VIII. REFERENCIAS

- Bennabi,D.,Pedron,S.,HaffenE.,Monin ,J., Peterschmitt, Y y Van Waes, V.(2014) Transcranial Direct Current Stimulation to improve memory: From Clinical research to animal5models . *Frontiers in Systems Neuroscience*, 8 (1).159-167 Doi: 10.3389 / fnsys.2014.00149
- Brueckner,D.,Gopfert,B.,Kiss,R. y Muehlbauer,T.(2019) Effects of motor practice on learning a dynamic balance task in healthy young adults: A wavelet-based time-frequency analysis. *Journal of Gaitand Posture*,70(1)264-269. doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.03.019
- Bürki,C.,Ludwig,C.Chicherio,C. y Ribaupierre,A.(2014) Individual differences in cognitive plasticity: an investigation of training curves in younger and older adults. *Psychological Research*. 78(6), 821–835. Doi: 10.1007/s00426-014-0559-3
- Calamia,M.,Markon,K.,Tranel,D.(2012) Scoring higher the second time around: meta-analyses of practice effects in neuropsychological assesment. *The Clinical Neuropsychologist*. 26 : 543–570. Doi: 10.1080 / 13854046.2012.680913.
- Cano de la cuerda, R. (Ed) (2017) .*Control y Aprendizaje Motor* (pp.12-14) Madrid, España: Editorial Medica Panamericana
- Dayan, E., y Cohen, LG (2011). Neuroplasticity Subserving Motor Skill Learning . *Neuron*, 72 (3), 443–454. Doi: 10.1016 /j.neuron.2011.10.008
- Der,G.,y Deary,I(2006) Age and Sex differences in reaction time un Adulthood: Results from the United Kindom Health and Lifestyle survey. *Journal of Psychology and Aging*. 1,62-73 Doi: 10.1037/0882-7974.21.1.62

- Der, G., Deary, I y Ford (2000) Reaction times and intelligence differences A population-based cohort study. *Journal of Intelligence*. 29 (2001) 389 – 399  
doi.org/10.1016/S0160-2896(01)00062-9
- Dykiert,D.,Der, G.,Starr, J y Deary,J(2012) Sex Differences in Reaction Time Mean and Intraindividual Variability Across the Life Span. *Journal of development psychology*. 48 (5), 1262-1276. Doi: 10.1037 / a0027550
- Duff, K.,Schaefer (2017) Whitin sessions and one week practice effects on a motor task in amnesic mild cognitive impairment. *The Clinical Experimental Neurosychologist*. 39(5):473-484. Doi: 10.1080/13803395.2016.1236905
- Johnson, A (2015) Atención, teoría y práctica ( pp 316-317) Madrid, España: Editorial Universitaria Ramón Areces
- Legrain, V.,Orban de Xivry,J.,Lefevré, P.(2017) ” The superposition of the planning of the movement and the execution of the movement reduces the reaction time” *Journal of neurophysiology* 117 (1): 117-122. Doi: 10.1152 / jn.00728.2016
- Kyllonen, P.,Zu,J.(2016) Use of response time for measuring cognitive ability. *Journal of Intelligence*. 4(4) Doi: 10.3390/jintelligence4040014
- Kochan, NA., Bunce, D., Pont, S., Crawford, JD, Brodaty, H., y Sachdev, PS (2016) Reaction time measures predict incident dementia in community-living older adults: The Sydney Memory and Ageing Study. *Journal of Geriatrics psychiatric*. 24(3),221-231. Doi: 10.1016/j.jgap.2015.12.005
- Latash, ML (2012). *Fundamentos de control motor* .Una introducción filosófica (pp. 1-2). San Diego, Unites States of America: Editorial Elsevier doi: 10.1016 / b978-0-12-415956-3.00001-4

- Molero,A.,Alameda,J.,Garrido,T.,García,L.,Jaén,R.,Gutierrez,C.,Pérez,S.,González,G.,Lemus,L.,Ruiz,M.,Nitsche,M. y Rivera, G.(2018) Effects dependent on the time interval after stimulation of the anodic tDCS of the motor cortex on the performance of the task at the reaction time. *Journal of Cognitive affective and Behavioral Neuroscience*. 18 (1): 167-175. Doi: 10.3758 / s13415-018-0561-0
- Nitsche, M., Schauenburg, A., Lang, N., Liebetanz, D., Exner, C.,Paulus,W y Tergau,F.(2003) Facilitation of implicit Motor Learning by Weak Transcranial Direct Current Stimulation of the Primary Motor Cortex in the Human. *Journal of Cognitive Neuroscience*.15:4, pp 619-626
- Opitz,A.,Paulus,W.,Will,S y Thielscher,A.(2015) Determinants of the electric field during transcranial direct current stimulation. *Neuroimage*. 109: 140-50. Doi: 10.1016/j.neuroimage.2015.01.033.
- Papale, A., Hooks, B.(2017) Circuit changes in motor cortex during motor skill learning. *Neuroscience* . 368, 283-297

## IX. ANEXOS

### ANEXO 1

#### Inspiron AIO DT 3275

##### **Procesadores AMD Ryzen™**

Con hasta 8 núcleos para experimentar el potencial que ofrecen las multitareas y una arquitectura eficiente de novedoso diseño con increíble capacidad de respuesta y rendimiento. El revolucionario procesador AMD Ryzen™ ofrece potencia informática revolucionaria para creadores visionarios y exploradores decididos.

**AMD SenseMI Technology:** aprendizaje automático a nivel de procesador que se anticipa a sus necesidades, para optimizar el rendimiento.

- **Potencia pura:** optimiza el uso energético de cualquier carga de trabajo para minimizar el consumo de energía, reducir el calor del sistema y disminuir el ruido.
- **Velocidad Boost precisa:** ajusta la velocidad del reloj sobre la marcha sin detener el trabajo, para optimizar el rendimiento según las demandas de su juego o aplicación.
- **Gama de frecuencia extendida (XFR):** al combinarse con una solución de refrigeración de calidad superior, obtendrá aumentos de rendimiento adicionales totalmente automáticos que no requieren la intervención del usuario.
- **Predicción de redes neuronales:** optimiza el rendimiento al preparar los procesos más eficientes para su aplicación o juego.
- **Captura previa inteligente:** aprende cómo sus aplicaciones acceden a sus propios datos y anticipan qué tipo de datos pueden necesitar para obtener un rendimiento máximo.

##### **Sistema operativo**

##### **Windows 10 Home**

Windows 10 Home incluye las características familiares de Windows 10 con soporte para aplicaciones que no son de Microsoft Store. Cuenta con Cortana Assistant, el navegador web Microsoft Edge, modo Continuum de tabletas para dispositivos con capacidad táctil, aplicaciones Windows universales como Fotos, Mapas, Correo, Calendario, Música y Vídeo, y capacidad para capturar y compartir juegos para los propietarios de Xbox One.

### **Pantalla LCD**

Pantalla táctil Full HD (1920 x 1080) anti reflectante de bordes estrechos con ángulo de visión ancho de 21,5 pulgadas.

### **Memoria**

8 GB de memoria DDR4 a 2400 MHz, hasta 16 GB

- Velocidades de hasta 2400 MT/s
- Aumento del ancho de banda hasta un 32%
- Reduce el consumo de energía hasta un 40%
- Velocidades de acceso de ráfaga más rápidas para mejorar el rendimiento secuencial de datos
- Optimizada para la próxima generación de procesadores y plataformas
- Disponible en cuatro kits de canal de hasta 64 GB

- **Disco Duro**

SATA a 6 Gb/s de 1 TB a 5400 rpm

## ANEXO 2

### SUPERLAB 4.0

SuperLab 4.0 es el software estimulante de presentación para Mac OS X (10.4 o posterior) y Windows 7/XP/2000. En constante desarrollo, el nuevo SuperLab 4,0 introduce una serie de nuevas funcionalidades incluyendo:

- a) Reproducción de películas
- b) Listas de estímulos
- c) Soporte para formato JPEG,GIF,PNG y TIFF
- d) Soporte integrado para RSVP y lectura compasada
- e) Soporte mejorado para fMRI t EEG / ERP
- f) Ensayos variables
- g) Ramificación condicional (if/then/else)
- h) Dispositivos de entrada múltiple en el mismo experimento

## ANEXO 3

## CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

He sido cordialmente invitado a participar en un estudio de investigación científica que dilucidará la importancia de conocer la velocidad de tiempo de reacción motriz en grupos etarios establecidos.

Así mismo, entiendo que recibiré administración de estimulación cerebral no invasiva y he de realizar 2 visitas para la evaluación del tratamiento. He sido informado(a) que los riesgos son mínimos y pueden incluir solo cefalea leve y ocasionalmente sensación de picor en el área estimulada. Sé además, que puede que no haya beneficios para mi persona y que no se me recompensará más allá de los gastos de viaje. Se me ha proporcionado el nombre del investigador a cargo del estudio que puede ser fácilmente contactado por mi persona en la dirección registrada. He leído la información suministrada y/o me ha sido leída. He tenido la oportunidad de realizar preguntas con total libertad y me han sido contestadas satisfactoriamente. Consiento voluntariamente tomar parte en esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho de retirarme de la investigación en el momento que crea oportuno, sin que esto afecte de ninguna manera mi estado de salud.

Nombre del Participante.....

Firma del Participante.....

Día/mes/año.....