

# A Comparison of Different Interaction Modes for Measuring Simple and Peripheral Reaction Times

René Yahir Rodríguez Robledo, Ernesto Miguel Vera Uribe, Marcela D. Rodríguez, Carlos Aguilar-Avelar

Published: 30 November 2024

## Abstract

The objective of this work is to assess whether the voice interaction mode can replace the button in simple reaction time (SRT) and peripheral reaction time (PRT) tests. To achieve the above, we have carried out a first study with 26 young subjects to whom these tests were applied with both modes of interaction, that is, they used the four conditions: SRT-button, SRT-voice, PRT-button, and SRT-voice. We found that reaction time means are greater than the button conditions. We conclude that modifying the tests (SRT or PRT) to include voice as a reaction mode resulted in a more cognitively demanding reaction test. This work contributes to Human-Computer Interaction because it demonstrates the feasibility of using an interaction mode different from that typically used in reaction time tests, which would allow studies to be carried out to measure reaction time in other contexts, such as people with disabilities, or mobility issues.

## Keywords:

Interaction modes; Reaction Time Test; User Involvement; Driving Behavior; Driving simulator.

## 1 Introducción

El estudio que se presenta en este artículo es parte de un proyecto que tiene por propósito analizar cómo se asocian algunas variables neuropsicológicas con el desempeño de la conducción de adultos jóvenes (16 a 29 años) y mayores de 60 años. La razón por la que nos enfocamos en estos grupos de edad, es porque se caracterizan por presentar más accidentes de tránsito que los grupos de mediana edad (30 a 59 años) [1,2]. Las investigaciones se han centrado en estudiar los factores intrínsecos y extrínsecos que influyen en el desempeño para conducir de los diversos grupos de edad [2,3], así como en identificar cuáles instrumentos o técnicas

permiten determinar si una persona está cognitivamente apta para conducir [4,5].

Utilizamos un simulador de manejo [6,7] para estudiar de forma controlada diversos aspectos del comportamiento de los conductores, tal como el comportamiento visual [8,9]. Como explicamos en Vera-Uribe et al. (2023), para los conductores más jóvenes resultó fácil aprender a usar este tipo de simuladores [10]. Sin embargo, algunos participantes minimizaron la importancia de conducir de forma segura y libre de errores, aun cuando se les explicó el propósito del estudio. Entre las maniobras riesgosas que algunos realizaron están salirse ligeramente del camino o monitorear poco los espejos retrovisores, conducir a alta velocidad [10]. Tales resultados los atribuimos al hecho de que estaban conscientes de que interactuaban con un videojuego. Por otro lado, los adultos mayores, mostraron mayor interés en evitar errores de conducción. Sin embargo, los más adultos, de ese grupo, tuvieron problemas para controlar el automóvil virtual debido a la baja fidelidad del simulador. Esto significa que percibieron que no hay correspondencia fiel entre la forma de controlar el vehículo virtual y el real que conducen cotidianamente. Por ejemplo, les parecía que los pedales del simulador eran más sensibles comparados con los del automóvil [10]. Debido a estas observaciones, decidimos limitar el uso del simulador para nuestro proyecto, y usarlo para medir variables neuropsicológicas o del desempeño de la conducción que puedan monitorearse mediante recorridos cortos y circuitos simples, por ejemplo, eliminando el tráfico [9].

Una de las variables que decidimos explorar con el simulador es el tiempo de reacción. Esta es una variable neuropsicológica que se considera clave para determinar la capacidad para conducir de forma segura [11]. La más estudiada ha sido el tiempo de reacción simple (TRS), que consiste en presentar un estímulo visual en una pantalla, al cual el sujeto de estudio debe reaccionar presionando un botón dentro de un período de tiempo pre-establecido [5,11]. En los estudios de desempeño de la conducción, poco se ha explorado el tiempo de reacción periférico (TRP), el cual se mide mostrando un estímulo mientras el sujeto realiza la actividad primaria (i.e., conducir). Este último fue medido en el estudio de Stinchcombe et al., quienes utilizaron un simulador de manejo similar al de este proyecto [11]. Debido a los problemas que presentaron los adultos mayores para usar el simulador en nuestro estudio anterior [10], consideramos que usar el botón en la prueba TRP podría agregar dificultad para que controlaran el manubrio y se afectaría su desempeño al conducir. Lo anterior nos motivó a explorar la interacción basada en voz para evaluar el TRS y TRP.

---

Rodríguez Robledo R. Y., Vera Uribe E. M., Rodríguez M D., Aguilar-Avelar C.

Universidad Autónoma de Baja California  
Mexicali, México,

Email: {rene.yahir.rodriguez.robledo, ernesto.vera, marcerod, aguilarav}@uabc.edu.mx

El presente trabajo tiene por objetivo comprobar si el modo de interacción por voz puede ser utilizado para reemplazar al botón en las pruebas de TRS y TRP, sin influir significativamente en la interpretación de los resultados de la prueba. Para lograr lo anterior, hemos realizado un primer estudio con 26 sujetos jóvenes a quienes se les aplicaron estas pruebas con ambos modos de interacción, es decir, utilizaron las cuatro condiciones: TRS-botón, TRS-voz, TRP-botón y TRP-voz. Encontramos que las medias del tiempo de reacción basada en voz son mayores que las del botón. Mediante la prueba *Wilcoxon* se demuestra que hay diferencias significativas entre las medias de las condiciones. Nuestros resultados sugieren que el modo de interacción basado en voz podría ser adecuado a utilizarse en estudios de conducción, ya que evitaría las distracciones físicas por interactuar con un botón en la prueba TRP.

Para presentar evidencia sobre lo anterior, en la siguiente sección se describen los prototipos implementados para medir el TRP y el TRS, de lo que resultaron cuatro condiciones a evaluar en nuestro estudio. En la sección 3 se explica el procedimiento seguido. La sección 4 presenta resultados preliminares, y en la sección 5 se concluye y discuten las limitaciones y posibles líneas de trabajo futuro de este proyecto.

## 2 Prototipos para medir el TRS y TRP

El tiempo de reacción es el tiempo que el usuario tarda en reaccionar o responder ante la presencia de un estímulo, medido en milisegundos (ms) (ver definiciones presentadas en refs. [10, 11]). El tiempo de reacción está asociado con las habilidades de atención relevantes para conducir de forma segura. Con base a esta definición, diseñamos cuatro condiciones para medir el tiempo de reacción, que resultan de combinar los 2 tipos de plataforma (PC y Simulador) y el tipo de mecanismo de reacción (Voz y Botón).

### 2.1 TRS con reacción basada en botón y voz

El prototipo para medir el TRS consiste en presentar el estímulo (un triángulo rojo) en una pantalla (ver Figura 1a), al cual el sujeto debe reaccionar presionando una tecla (letra 'g') dentro de los 5 segundos siguientes. Si el sujeto no reacciona al estímulo, el tiempo de reacción se registra con valor 0s. El algoritmo del TRS-botón se presenta en Figura 2(arriba), en donde se muestra que el sujeto realiza la prueba hasta 36 veces, espaciadas entre sí por un tiempo aleatorio que varía entre 3 a 8 segundos. Se aclara que no identificamos que en la literatura no exista un criterio sobre la cantidad de mediciones que deben tomarse del TRS.

El algoritmo fue implementado con el lenguaje de programación Java 19.0.1 [12]. Para la condición basada en botón, el algoritmo detecta que se presione la tecla con la letra 'g'. Este algoritmo fue modificado para detectar el reconocimiento de la palabra 'EMA', lo cual se implementó con la biblioteca Java Speech API 2.0.7 (JSAPI) de Oracle [13]. Este API permite a la computadora interpretar y comprender el habla humana. En particular, se utilizaron las clases Recognizer y RuleGrammar de JSAPI. La clase Recognizer es responsable de crear y controlar un reconocedor de voz. La clase RuleGrammar se utiliza para cargar y habilitar una gramática de reglas específica que definen la estructura y las palabras clave que se deben reconocer. Utilizamos una laptop HP Pavilion con procesador Intel Core i5-1340P, tarjeta gráfica Intel UHD Graphics y memoria RAM de 16GB.

### 2.2 TRP con reacción basada en botón y voz

Consiste en una adaptación del TRS para ser utilizado mientras se conduce en el simulador de conducción CARLA [7], dando como resultado la prueba TRP. Este presenta un estímulo

periférico que consta de dos triángulos rojos que se muestran en los espejos derecho e izquierdo respectivamente (Figura 1b). CARLA es un software de código abierto que facilita el desarrollo de sistemas de conducción, el cual instalamos en una computadora con una tarjeta de video QUADRO K20000 y procesador Intel. Los participantes interactuaron con CARLA y la prueba TRP mostrada en tres pantallas contiguas usando un volante y pedales Logitech G920 y la palanca de cambios Logitech G29 (ver Figura 1b) [6].

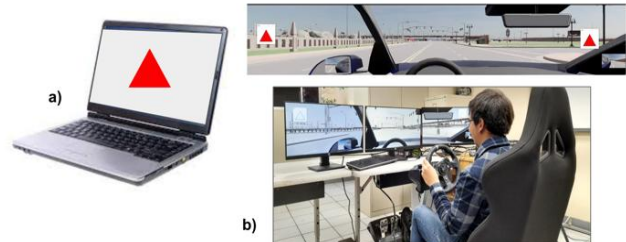


Figura 1. Sistemas para medir el a) TRS y b) TRP.

El estímulo se muestra en 9 puntos diferentes de un circuito predefinido en CARLA (ver Figura 2, abajo), que incluyeron giros a la izquierda, a la derecha y cruzar por intersecciones con semáforo. No hay un número clave predefinido sobre la cantidad de mediciones del TRP que deben tomarse. Así como algunos autores decidieron tomar hasta 29 mediciones del TRP en diversos puntos de un circuito [11], para nosotros resultó conveniente restringir la recolección del PRT a sólo 9 mediciones, lo que permitió tener una sesión corta de recolección de datos. Como modo de interacción para registrar la reacción, se utilizó uno de los botones traseros del volante (ver Figura 1b). Similarmente, si el sujeto no reacciona dentro de los 5s siguientes, se registra un tiempo de reacción de 0s. El algoritmo del TRP-botón se modificó para detectar la palabra "EMA" como modo de reacción, para lo cual se reutilizó el componente de reconocimiento de voz del TRS.

#### ALGORITMO 1. TRS PARA VOZ Y BOTÓN

```

1: Crear() archivo .csv para almacenar resultados
2: Para i=1 hasta 36 hacer
3:   reiniciar temporizador()
4:   mostrar_estimulo()
5:   tiempo_de_reaccion = 0
6:   Si el usuario reacciona con botón/voz && temporizador() < 5 segundos
7:     estímuloReaccionado = verdadero
8:     tiempo_de_reaccion = temporizador()
9:
10:  SI NO
11:    estímuloReaccionado = falso
12:  ocultar_estimulo()
13:  Escribir tiempo_de_reaccion y estímuloReaccionado en el archivo .csv
14:  reiniciar temporizador()
15: Fin de bucle
16: Regresar archivo .csv con resultados

```

#### ALGORITMO 2. TRP PARA VOZ Y BOTÓN

```

1: Crear archivo .csv para almacenar resultados
2: Mientras se reciba indicador para mostrar estímulo del Simulador hacer
3:   reiniciar temporizador()
4:   mostrar_estimulo()
5:   tiempo_de_reaccion = 0
6:   Si el usuario reacciona con botón/voz && temporizador() < 5 segundos
7:     estímuloReaccionado = verdadero
8:     tiempo_de_reaccion = temporizador()
9:
10:  SI NO
11:    estímuloReaccionado = falso
12:  ocultar_estimulo()
13:  Escribir tiempo_de_reaccion y estímuloReaccionado en el archivo .csv
14:  reiniciar temporizador()
15: Fin del bucle
16: Regresar archivo .csv con resultados

```

Figura 2. Algoritmos TRS (arriba) y TRP (abajo)

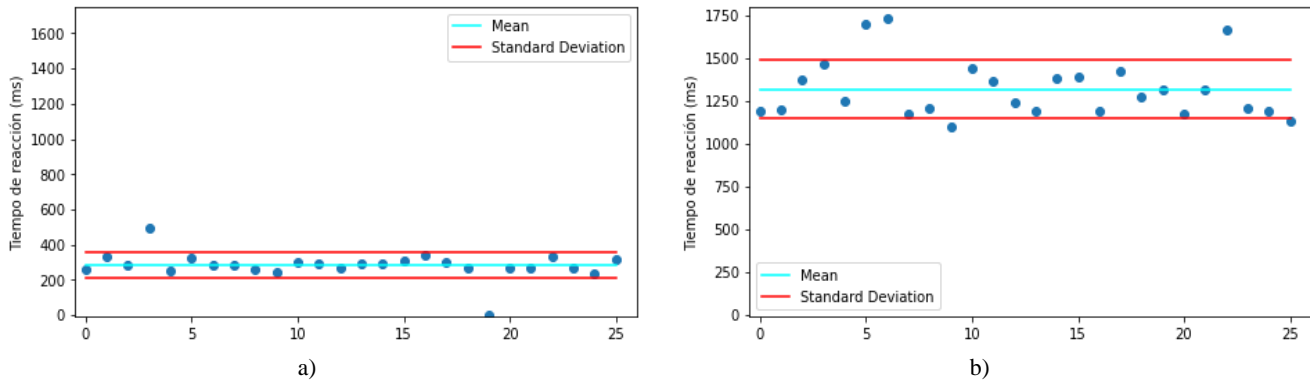


Figura 3. Tiempos de reacción por sujeto en prueba a) TRS-botón y b) TRS-voz.

**Método**

Se realizó un experimento “within subjects” o dentro de sujetos, de tipo cruzado para abordar la transferencia de aprendizaje entre condiciones.

Para reclutar sujetos, se difundió información del proyecto y la invitación a participar en grupos donde uno de los co-autores imparte clase y a compañeros-estudiantes del resto de los co-autores. Los criterios de inclusión para participar fueron: tener entre 16 y 29 años. No fue requisito que supieran conducir. El único criterio de exclusión fue que sufrieran de “Motion sickness” o mareos al utilizar ambientes virtuales.

Conforme se presentaban los voluntarios, se les asignó la condición de inicio de manera alternada, es decir, el primer voluntario inició con las condiciones del botón (TRS y TRP, en este orden), y continuó con las de voz (TRS y TRP, en este orden); el segundo participante en registrarse inició por las condiciones de voz y siguió con las del botón, y así sucesivamente. Las condiciones de prueba de nuestro estudio se resumen en Tabla 1.

Los sujetos reclutados contestaron una encuesta de entrada diseñada para recolectar datos demográficos y confirmar que cumplieran con los criterios de inclusión. Todos firmaron un consentimiento informado aprobado por el comité de ética de nuestra Universidad. Enseguida, se les dio un entrenamiento que incluyó explicarles las pruebas TRS y TRP y utilizaron las respectivas implementaciones por alrededor de 15 minutos, invirtiendo la mayor parte de ese tiempo en familiarizarse con el simulador.

Tabla 1. Características de las condiciones de prueba.

Condición	Plataforma	Modo reacción	Pruebas p/sujeto	Medida
TRS-botón	PC	Tecla ‘g’	36	Media y dev std en ms del tiempo de reacción
TRP-botón	Simulador	Botón de volante	9	
TRS-voz	PC	Palabra clave “EMA”	36	
TRP-voz	Simulador	Palabra clave “EMA”	9	

Debido a que nuestra muestra de datos era pequeña, determinar la distribución de la variable de tiempo de reacción para cada condición fue relevante para seleccionar el método estadístico de análisis. Así que aplicamos la prueba Shapiro-Wilk que demostró que nuestros datos no cumplen con el supuesto de normalidad ( $p < 0.05$ ) [15, 16]. Por lo anterior, descartamos utilizar

la prueba t-student de muestras dependientes, y en cambio se utilizó la prueba Wilcoxon, con  $p=0.05$ , la cual es una prueba paramétrica adecuada para probar hipótesis sobre los valores de dos muestras dependientes que no cumplen con el supuesto de normalidad. Esta prueba se aplica para muestras pequeñas con al menos 20 datos [15].

**3 Resultados**

En el estudio participaron 26 sujetos entre 17 y 25 años de edad con una media de 22 (1.769). En promedio, el grupo de participantes tenía 1.28 años de experiencia en conducción, sólo 12 no tenían esta experiencia. De los 26 sujetos, 24 son hombres y 2 son mujeres. Solo 10 sujetos de los 26 reportaron que sabían conducir y 4 no dieron información al respecto.

Tabla 2. Evaluación de las diferencias entre dos condiciones.

Condiciones evaluadas y sus medias de TR	Valor z	Valor p
TRS-botón (294.6) TRS-voz (714.4)	-4.4573	< .00001.
TRP-botón (1318.95) TRP-voz (1852.3)	-4.305	< .00001
TRS-botón (294.6) TRP-botón (1318.95)	-4.4573	< .00001
TRS-voz (714.4); TRP-voz (1852.3)	-3.5938	.00034

Como se muestra en Tabla 2, encontramos que los tiempos de reacción del TRS-botón ( $M=294.6$ ,  $DS=86.787$ ) fueron menores en contraste que las otras 3 condiciones. Lo que es coherente con el hecho de que es la condición más sencilla de usar. Le siguió en magnitud, el TRP-botón ( $M=714.4$ ,  $DS=277.492$ ) debido a que el simulador o la actividad primaria hace que la prueba sea más compleja, enseguida sigue el TRS-voz ( $M=1702$ ,  $DS=1718.458$ ), y finalmente, el TRP-voz ( $M=1700.1$ ,  $DS=135.566$ ). Es decir, realizar la prueba con una actividad primaria conllevó a tiempos de reacción mayores. Lo cual también era un resultado esperado. Adicionalmente, identificamos que las diferencia entre los valores medios entre las condiciones, presentan una significancia estadística de acuerdo a la prueba Wilcoxon ( $p < 0.05$ ), resultados que se presentan en Tabla 2. Por otro lado, contrastamos condiciones entre el TRS y el TRP usando el mismo mecanismo de interacción. Puede notarse que usar el simulador (TRP) hizo que la

prueba fuera más compleja en contraste con el TRS (ver los dos últimos renglones de la Tabla 2). Como se observa en la Figura 3, todos los participantes generaron resultados mayores a 1250 ms en la condición TRS-voz, en contraste con el TRS-botón, en el cual obtuvieron tiempos de reacción (TR) entre 200-400 ms aproximadamente (con 2 valores atípicos).

#### 4 Conclusiones

Este estudio confirma, al igual que otros estudios [14], que usar el simulador para medir el TRP genera tiempos de reacción mayores que el TRS ya que requiere una mayor carga mental y de atención de los sujetos. Consideramos que al modificar las pruebas (TRS o TRP) para incluir la voz como modo de reacción, resultó en una prueba de reacción más demandante cognitivamente. Si bien, no podemos concluir que la voz puede reemplazar al botón, ya que genera resultados diferentes, concluimos que resultaría interesante incluirla como una prueba adicional en nuestros estudios de conducción. Este trabajo contribuye a la Interacción-Humano Computadora (IHC) porque demuestra la factibilidad de usar un modo de interacción diferente al típicamente usado en pruebas de tiempo de reacción. Concluimos que el modo de interacción por voz es útil para medir el TRP. Sin embargo, una limitación de nuestra tecnología fue algunos fallos en detectar la reacción por voz, lo que conllevó a repetir la pruebas y alargar la sesión del estudio. Nuestros resultados pueden motivar a generar estudios en contextos diferentes al de la conducción, tal como en actividades que se caracterizan porque los sujetos ocupan sus manos para realizarlas. Similarmente, podría ser útil para medir los tiempos de reacción de personas con movilidad limitada en las extremidades superiores. Como trabajo futuro, pretendemos mejorar la calidad de la detección de voz, así como usar el TRP y el TRS para estudiar si se asocian con variables del comportamiento de la conducción, tal como distracciones y errores de conducción.

#### 5 Agradecimientos

Se agradece a los estudiantes que voluntariamente participaron en el estudio, y a CONAHcyT por la beca otorgada al 2do autor.

#### 6 Referencias

- [1] Fatality Facts 2021 Older people, <https://www.ihs.org/topics/fatality-statistics/detail/older-people> Acedido 24 Julio 2024.
- [2] Ledger, S., Bennett, J.M., Chekaluk, E., Batchelor, J.: Cognitive function and driving: Important for young and old alike. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.* 60, 262–273 (2019). <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.10.024>.
- [3] Guo, F., Klauer, S.G., Fang, Y., Hankey, J.M., Antin, J.F., Perez, M.A., Lee, S.E., Dingus, T.A.: The effects of age on crash risk associated with driver distraction. *Int. J. Epidemiol.* 46, 258–265 (2017). <https://doi.org/10.1093/ije/dyw234>.
- [4] Asimakopulos, J., Boychuck, Z., Sondergaard, D., Poulin, V., Ménard, I., Korner-Bitensky, N. Assessing executive function in relation to fitness to drive: A review of tools and their ability to predict safe driving, (2012). *Australian Occupational Therapy J.* <https://doi.org/10.1111/j.1440-1630.2011.00963.x>
- [5] Rashid, R., Standen, P., Carpenter, H., & Radford, K. Systematic review and meta-analysis of association between cognitive tests and on-road driving ability in people with dementia. *Neuropsychol. Rehabil.* 30, 1720–1761 (2020). <https://doi.org/10.1080/09602011.2019.1603112>.
- [6] Volantes y pedales Logitech G920 y G29 Driving Force, <https://www.logitechg.com/es-mx/products/driving/driving-force-racing-wheel.html> Accedido 05 Diciembre 2022
- [7] CARLA Simulator, <https://carla.org/>, last accessed 2022/07/31.
- [8] Armenta, J.S., Andrade, A.G., Rodríguez, M.D. An Intelligent Multi-Sourced Sensing System to Study Driver's Visual Behaviors. *IEEE Sens. J.* 21 (2021), 12295–12305. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2021.3064080>.
- [9] Vera-Uribe, E.M., Armenta, J.S., Rodríguez, M.D. Understanding the Association of Driving Safety and Visual Behaviors Collected Through Smart Sensing Technology. In: Bravo, J., Urzáiz, G. (eds) *Proceedings of the 15th International Conference on Ubiquitous Computing & Ambient Intelligence (UCAmI 2023)*, Lecture Notes in Networks and Systems, vol 842. Springer, Cham (2023). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-48642-5\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-031-48642-5_20)
- [10] Vera-Uribe, E.M., Rodríguez, M.D., Armenta, J.S., López-Nava, I.H. Validity of Using a Driving Game Simulator to Study the Visual Attention Differences in Young and Older Adults. In: Bravo, J., Ochoa, S., Favela, J. (eds) *Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing & Ambient Intelligence (UCAmI 2022)*, Lecture Notes in Networks and Systems, vol 594. Springer, Cham (2023). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-21333-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-21333-5_3)
- [11] Stinchcombe, A., Gagnon, S., Zhang, J., Montembeault, P., Bedard, M.: Fluctuating Attentional Demand in a Simulated Driving Assessment: The Roles of Age and Driving
- [12] Java SE 19 Archive Downloads <https://www.oracle.com/java/technologies/javase/jdk19-archive-downloads.html>. Accedido 25 Nov. 2024
- [13] JSR-000113 Java Speech API 2.0.6 Final Release <https://download.oracle.com/otndocs/jcp/speech-2.0.6-fr-eval-oth-JSpec/> Accedido 25 Nov. 2024
- [14] Complexity. *Traffic Inj. Prev.* 12, 576–587 (2011). <https://doi.org/10.1080/15389588.2011.607479>.
- [15] Social Science Statistics <https://www.socscistatistics.com/>
- [16] Normality Calculator <https://www.gigacalculator.com/>.



© 2024 by the authors. This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.