

# Relación entre el entorno automatizado de una cabina de vuelo, la flexibilidad cognitiva y atención focalizada en una muestra de pilotos colombianos

## Relationship between the automated environment of a flight deck, cognitive flexibility and focused attention in a sample of Colombian pilots

Nindre Pico-Quintero<sup>1</sup>

César-Andrés Carmona-Cardona<sup>2</sup>

Paula-Andrea Montoya-Zuluaga<sup>3</sup>

Leidys-Helena Rivera-Quiroz<sup>4</sup>

Para citar este artículo:

Pico-Quintero, N., Carmona-Cardona, C.-A., Montoya-Zuluaga, P.-A. & Rivera-Quiroz, L.-H. (2023). Relación entre el entorno automatizado de una cabina de vuelo, la flexibilidad cognitiva y atención focalizada en una muestra de pilotos colombianos. *Journal of Applied Cognitive Neuroscience*, 4(2), e00414891.

<https://doi.org/10.17981/JACN.4.2.2023.3>

Manuscrito recibido el 28 de abril de 2023

Aceptado el 9 de octubre de 2023

### Resumen

El objetivo fue analizar la relación entre las horas totales, automatizadas y manuales de vuelo, la flexibilidad cognitiva y la atención focalizada en una muestra de pilotos colombianos. El método utilizado fue el empírico analítico, diseño no experimental, correlacional-predictivo y transversal. La muestra estuvo conformada por 100 pilotos, asumiendo un nivel de confianza del 95%. Los resultados muestran correlaciones negativas bajas entre las variables de Stroop Interferencia y la totalidad de horas estudiadas, así como entre Stroop conflicto y horas de vuelo manuales. Adicionalmente, se encontró correlación positiva baja entre wisconsin categorías y horas de vuelo manuales. La regresión mostró modelos predictivos para la atención focalizada, más no para la flexibilidad cognitiva. Se concluye que existen relaciones y predicciones entre las horas de vuelo totales y la atención focalizada.

*Palabras clave:* Atención focalizada; flexibilidad cognitiva; automatización; pilotos

### Abstract

The objective was to analyze the relationship between total, automated and manual flight hours, cognitive flexibility and focused attention in a sample of Colombian pilots. The method used was the analytical empirical, non-experimental, correlational-predictive and cross-sectional design. 100 civilian pilots participated, assuming a confidence level of 95%. The results show low negative correlations between the Stroop Interference variables and the total number of hours studied, as well as between Stroop conflict and manual flight hours. Additionally, a low positive correlation was found between Wisconsin categories and manual flight hours. The regression showed predictive models for focused attention, but not for cognitive flexibility. It is concluded that there are relationships and predictions between total flight hours and focused attention.

*Keywords:* Focused attention; cognitive flexibility; automation; pilots

<sup>1</sup> Independiente, Bogotá D.C., Colombia. [nindre1985@gmail.com](mailto:nindre1985@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6311-9274>

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Sociales, Salud y Bienestar, Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia. Autor correspondencia: [cesar.carmonaca@amigo.edu.co](mailto:cesar.carmonaca@amigo.edu.co). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7179-2610>

<sup>3</sup> Independiente, Medellín, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5871-1727>

<sup>4</sup> Facultad de Ciencias Sociales, Salud y Bienestar, Grupo Neurociencias Básicas y Aplicadas, Universidad Católica Luis Amigó, Medellín, Colombia. [leydis.riveraqu@amigo.edu.co](mailto:leydis.riveraqu@amigo.edu.co). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1926-2521>

## INTRODUCCIÓN

Debido a la aparición de la automatización, los diseñadores han argumentado que los avances tecnológicos reducen el papel del operador humano, lo que lleva a una reducción en los errores del operador o una reducción de las consecuencias de los errores del operador (Strauch, 2017a). No hay duda que la automatización ha mejorado muchos aspectos del desempeño del operador. Norman (1990) afirma que la automatización conduce a una productividad, eficiencia y control de calidad superior, sin embargo, para que se obtengan estos beneficios, se deben superar muchos problemas o deficiencias de la automatización. Dichos problemas son ampliamente reconocidos como inconvenientes de la automatización y vinculan mayores requisitos de monitoreo y vigilancia, pérdida de habilidades piloto, retroalimentación e interfaz de usuario inapropiadas, redistribución de la carga de trabajo, dependencia excesiva de la automatización y desconfianza, y falta de familiarización con los sistemas (Koeppen, 2012).

Ahora bien, la automatización ha redefinido el papel del piloto de controlar directa y manualmente todos los aspectos del vuelo llevándolo a monitorear los sistemas. Los niveles de monitoreo dependen del nivel de tecnología avanzada disponible en las diferentes aeronaves. Cuantas menos tareas manuales tiene que realizar un piloto, más sistemas y subsistemas automatizados deben monitorear. La automatización también puede eliminar o distanciar al monitor de las señales del sistema que se requiere para tomar decisiones informadas que involucran sistemas automatizados. De igual forma, puede proporcionar información que no transmite correctamente el funcionamiento o el estado del sistema, lo que puede disminuir la conciencia del monitoreo. Strauch (2017a) expone que los investigadores han obtenido evidencia considerable que demuestra que el aumento de la automatización y la disminución de la participación del operador en el control de un sistema, reduce la capacidad del operador para mantener el conocimiento del sistema y sus estados operativos.

Desde el entrenamiento de vuelo inicial, se instruye a los pilotos sobre cómo manipular los controles de vuelo para lograr la respuesta deseada. Con la incorporación de la automatización se les enseña cómo recibir la respuesta deseada interactuando con varios sistemas automatizados. Los estudios de automatización han encontrado que los pilotos, a pesar de la capacitación manual inicial y de haber estado operando como controladores supervisores de automatización en una tarea de control de proceso simulado, eran más lentos y más ineficientes en poner el sistema bajo control que los sujetos que habían operado solo en un modo manual (Endsley & Kiris, 1995). La retroalimentación o la interfaz de usuario inadecuadas pueden ser catastróficas en los sistemas automatizados. Las interfaces de sistemas complejos y la forma en que se presenta la información dentro de sistemas complejos, pueden aumentar la carga de trabajo de los pilotos. La eliminación de señales tácticas y visuales también puede generar cargas de trabajo elevadas. Norman (1990) enfatiza en que, cuando los dispositivos automáticos compensan los problemas de manera silenciosa y eficiente, la tripulación queda fuera de circuito, de modo que cuando finalmente ocurre la falla del equipo, no están en posición de responder de forma inmediata y adecuada. Es por ello que, para una automatización exitosa resulta esencial la retroalimentación adecuada

para el monitor del sistema, puede que no sea evidente durante las condiciones normales de funcionamiento, pero sí será evidente cuando se produzcan fallas en el sistema o se genere una emergencia y la redistribución de la carga de trabajo también es un gran desafío al que se enfrenta la automatización futura (Strauch, 2017b).

La dependencia excesiva de la automatización y la desconfianza son también preocupaciones importantes con respecto al uso de la automatización en la aviación. Ahora bien, de acuerdo a lo expuesto por Riley (1996), diferentes personas pueden ser susceptibles a diferentes tipos de comportamientos inapropiados del uso de la automatización en función de su confianza en sí mismos para realizar la tarea, su nivel de confianza en la automatización, sus respuestas a la fatiga y su incorporación de estos y otros factores en su toma de decisiones.

De acuerdo a lo descrito por Kantowitz y Campbell (1996), existe una clara correlación entre la desconfianza y la dependencia excesiva de la automatización. Esta puede provocar errores de omisión, disminución de la vigilancia, mayor predisposición a la interferencia, por lo que el enganche y ejecución de la atención se afecta (Parasuraman & Manzey, 2010; Wickens, et al., 2015), como también la memoria de trabajo (Chua & Causse, 2016), omisión de los parámetros del sistema y una experiencia fuera de circuito iniciada por el operador. En el extremo opuesto, la desconfianza puede llevar a que los operadores elijan no usar sistemas automatizados y aumenten su carga de trabajo o se obsesionen con monitorear sistemas automatizados y no tengan en cuenta las señales manuales. Lo anterior lleva a evidenciar a partir de algunos hallazgos investigativos, que dominios cognitivos como la flexibilidad cognitiva y la atención focalizada, presentan funcionamientos deficientes en sujetos que reportan horas de vuelo importante en cabina automatizada, lo que perjudica la capacidad de reacción frente a situaciones que implican una manipulación manual del sistema (Causse et al., 2011; Morrow et al., 2001; Gil et al., 2012; Boeing Commercial Airplanes, 2013; Parasuraman & Manzey, 2010), facilitando el riesgo para la tripulación y los pasajeros, además de que el déficit en dichos dominios cognitivos afectará de manera global las actividades cotidianas.

Lewandowsky et al. (2000) llevaron a cabo un interesante estudio de seguimiento en el que las personas compartían el control con un ser humano o con la automatización, pero en todos los casos se les decía que lo compartían con un ser humano. Eran más tolerantes con los errores del sistema cuando creían que era un humano. Generar confianza es a menudo una característica deseable de un sistema, algo por lo que se esfuerza el diseñador, pero no siempre se cumple con el cometido. Demasiada confianza puede ser tan mala como muy poca. Parasuraman y Manzey (2010) argumentaron convincentemente que, los diseñadores de sistemas deberían preocuparse por el uso indebido, el desuso y el abuso de la automatización basados en la desconfianza y el exceso de confianza, así como en la carga de trabajo y otros factores, especialmente como la atención focalizada.

De acuerdo a lo expuesto por Parasuraman et al. (2000), cuando falla la automatización, existen serios problemas sobre quién es responsable: el operador, la empresa o agencia que posee el equipo y/o emplea al operador, el diseñador, el fabricante, el instalador, el mantenedor, etc. Hay una tendencia a culpar al operador por

los inconvenientes generados por la automatización porque la persona normalmente está presente cuando ocurre un accidente. Una visión más amplia sugiere que los operadores deberían tener algún alivio de responsabilidad si la máquina falla. Probablemente la política más certera sea abstenerse de culpar a alguien, al menos hasta que se haya llevado a cabo una investigación exhaustiva. Por lo general se descubre que, múltiples factores confluyeron para generar un accidente, se observan culpas compartidas y es allí, donde el percance debe considerarse generalmente como una experiencia de aprendizaje para todos (Reason, 1990). A menudo, lo que el operador cree que le ordenó a la automatización no es lo que realmente se ordenó. El supuesto padre de la cibernética, Wiener (1964), afirmó que, a medida que las computadoras y la automatización se vuelven más complejas, las personas se vuelven más dependientes de tales sistemas para el transporte, la comunicación, la atención médica y la seguridad nacional. Existe un peligro creciente de que las expectativas de los humanos no coincidan con la lógica de la máquina, donde esta última dicta lo que finalmente hará la automatización. Por lo tanto, un cierto grado de escepticismo es fundamental cuando los proponentes instan a que los sistemas a gran escala, como el control del tráfico aéreo y los sistemas de armas de misiles guiados, sean altamente automatizados. De allí la gran importancia de generar un análisis enfocado a evaluar las variables cognitivas (atención focalizada y flexibilidad cognitiva).

Finalmente, es importante resaltar que, los investigadores de accidentes han intentado extraer las lecciones aprendidas de los relacionados con la automatización en la aviación (Billings, 1991), y aunque la aviación comercial tiene un historial de seguridad adecuado y las aeronaves modernas altamente automatizadas, no solo son más eficientes en combustible, sino también más seguras que las generaciones anteriores de aeronaves, varios incidentes y accidentes muy publicitados que involucraron aeronaves automatizadas en las décadas de 1980 y 1990, junto con la búsqueda de niveles de seguridad aún más altos frente a un mayor volumen de tráfico aéreo, han motivado un mayor escrutinio de la automatización por parte de la industria de la aviación y la Administración Federal de Aviación –FAA– (Abbott et al., 1996). Li (2020) establece que, frente a las múltiples tareas que los pilotos experimentan en cabina, frente a la aparición de cualquier estímulo en la misma (indicadores de velocidad, altitud, rumbo, horizonte), deben reaccionar de forma rápida y acertada. Así mismo, deben inhibir la información que no es relevante y centrarse en aquella que lo es dependiendo la fase de vuelo en la que se encuentren. Los pilotos realizan entrenamiento en fallas o emergencias en sus simuladores para tener respuestas automáticas a procedimientos específicos, no siendo siempre la mejor opción y requiriendo de un adecuado juicio (implica flexibilidad cognitiva y Atención focalizada) basado en el conocimiento y experiencia para la mejor toma de decisiones.

Por otro lado, existen investigaciones que se han preocupado por establecer si la edad tiene relación con las deficiencias cognitivas en los pilotos, mostrando resultados que evidencian que se produce una mayor activación cerebral y una disminución del rendimiento en la memoria de trabajo espacial en los pilotos más antiguos (de 57 años en adelante), pero no se producen cambios significativos en la planificación

espacial y el razonamiento. Sin embargo, el envejecimiento cambia la localización de la activación cerebral de la corteza prefrontal dorsolateral medial a la derecha durante la planificación espacial y el razonamiento. La experiencia de vuelo reciente puede tener un efecto menor pero significativo en la activación cerebral cuando se considera junto con las edades reales de los pilotos, pero se necesitan más datos para confirmar este resultado (Chua & Causse, 2017).

En definitiva, con la tecnología se están introduciendo niveles cada vez mayores de automatización en la cabina. Sin embargo, de acuerdo a lo expuesto por Bowers et al. (2017), resulta difícil predecir el impacto de estos sistemas automáticos en otros elementos del vuelo como la comunicación de la tripulación y la capacidad de llegar a una decisión efectiva. Lo único que se ha podido realizar es analizar, bajo misiones simuladas, la forma en que los pilotos obtienen la información y cómo la utilizan para ejecutar determinada tarea. De acuerdo a Chao (2009), en todo análisis de sistema hombre-máquina, la interfaz del mismo se ha convertido en punto clave de la actividad de diseño de los sistemas, cuya existencia no es la tarea en sí misma, sino la situación real de la interacción que sucede entre hombre-máquina para lograr la comunicación mutua y así, diseñar formas de entrada y salida de información logrando una función sólida de interacción humano-computadora.

La pregunta no es si automatizar o no, sino sí los pilotos deben activar o desactivar la automatización, en qué momento y si sus capacidades cognitivas (atencionales y de flexibilidad cognitiva) están desarrolladas en línea con los niveles de automatización que tenga la aeronave (Ferris et al., 2010). El problema que se observa en esta tarea es que, con el tiempo, el uso continuo y extenso de la automatización puede conducir a una dependencia excesiva de la asistencia tecnológica y a la pérdida de las habilidades psicomotoras y cognitivas requeridas para el vuelo manual, un fenómeno conocido como destreza desadquirida o deskilling (Ferris et al., 2010). Por lo tanto, en esas raras circunstancias en las que los pilotos deben intervenir y controlar manualmente el avión, pueden tener dificultades, especialmente porque ahora se les exige que controlen manualmente un sistema que no funciona correctamente.

De allí que, la clave del diseño de la interfaz está en cómo lograr una perfecta y armoniosa interacción hombre-computador para reducir la carga cognitiva de las personas y mejorar las habilidades de percepción y operación de los usuarios.

Las funciones cognitivas generalmente se refieren a cómo las personas perciben, aprenden, memorizan y piensan sobre la información. Las funciones que son importantes en Pilotos incluyen atención selectiva, enfoque, monitoreo, velocidad de procesamiento, gestión de cargas, planificación, toma de decisiones, flexibilidad cognitiva, razonamiento y uso continuo de la memoria de trabajo (Sternberg, 2015). Es justo en este ítem donde radica la importancia de conocer, comprender, medir y entrenar para que dichas habilidades se mantengan en el tiempo con el desempeño óptimo esperado para tal fin.

Con base en la anterior revisión de hallazgos investigativos, se plantearon las siguientes preguntas de investigación: ¿Cómo es la relación entre las horas de vuelo automatizadas, manuales y totales con la flexibilidad cognitiva y atención focalizada en una muestra de pilotos colombianos?

Se asume entonces que, existen tres constructos de segundo orden denominados *Horas de vuelo*, *Flexibilidad cognitiva* y *Atención focalizada*, los cuales serán operacionalizados a través de constructos de primer orden.

Las Horas de vuelo (manuales, automatizadas, totales) como variables independientes, se establecerán de acuerdo al registro que los pilotos llevan en su bitácora de vuelo. Los constructos de segundo orden como la Flexibilidad cognitiva y la Atención Focalizada, se operacionalizarán a través de las puntuaciones directas obtenidas en el Test de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin y en el Stroop test, respectivamente. Por lo tanto, se establece como hipótesis de trabajo que a mayor cantidad de horas de vuelo (manuales, automatizadas, totales), peores ejecuciones en pruebas de flexibilidad cognitiva y en atención focalizada en una muestra de pilotos.

Se establece por lo tanto un objetivo general el cual es analizar la relación entre las horas de vuelo (manuales, automatizadas, totales), la flexibilidad cognitiva y la atención focalizada en una muestra de pilotos colombianos y como objetivos específicos: a) caracterizar las horas totales de vuelo, de cabina automatizada y manual, la flexibilidad cognitiva y la atención focalizada en pilotos colombianos; b) identificar el aporte de las horas de vuelo en cabina automatizada con el rendimiento de dominios como la flexibilidad cognitiva y atención focalizada en pilotos colombianos, adicionalmente; y c) reconocer si existe relación entre las horas de vuelo totales, en cabina automatizada y manual, con la flexibilidad cognitiva y la atención focalizada.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Enfoque, diseño y tipo de investigación*

Estudio empírico analítico no experimental correlacional-predictivo y transversal.

### *Población y muestra*

Con una población de 140 pilotos colombianos y asumiendo un nivel de confianza del 95% y una estimación de error máximo del 5%, el tamaño muestral corresponde a 103 pilotos colombianos. Para el presente estudio se asumió un tamaño de 100, dada la dificultad para realizar las observaciones a esta población, pues no fue posible llegar al tamaño mínimo de la muestra, sin embargo, con el tamaño actual se logra hacer tratamiento a los datos. A todos los pilotos evaluados se les explicó los propósitos del estudio y posteriormente firmaron el consentimiento informado

### *Criterios de inclusión*

- Edades de 20 a 60 años.
- Aptitud psicofísica vigente.
- Licencia PTL.
- Experiencia de más de 6 meses volando cabinas automatizadas.
- Mínimo 200 horas de vuelo.

### *Criterios de exclusión*

- Déficits sensoriales previos.
- Diagnóstico neurológico, psiquiátrico o psicológico previo.
- Desórdenes hormonales diagnosticados previamente.
- Consumo de sustancias que alteraran el Sistema Nervioso Central en el último mes.

### *Instrumentos*

*Clasificación de Cartas de Wisconsin (Heaton, 1981)*. Esta prueba mide las funciones ejecutivas, como la planificación estratégica, la flexibilidad cognitiva, el control inhibitorio y la perseverancia, y la formación de categorías de autorregulación y la retroalimentación ambiental para cambiar los conjuntos cognitivos. Es aplicable a partir de los 6 años y medio y los 89 años y su duración es entre 20 y 25 minutos.

*Stroop: Test de colores y palabras (Golden & Golden, 2002)*. Esta prueba es una medida de la capacidad de conmutación e implica el control inhibitorio, la evaluación y el control atencional. Es aplicable en edades de 7 a 80 años, y consta de tres tareas con duración de 45 segundos cada una. Estas tareas son lectura de palabras (Stroop Lectura), denominación de colores (Stroop Color) y Color-Palabra (Stroop-conflicto), donde debe nombrar el color de la tipografía, ignorando cualquier conflicto con el significado de la palabra. También se obtiene un índice de interferencia (Stroop-Interferencia), midiendo la interferencia en el sujeto y su control atencional.

### *Bitácora de vuelo*

Hace referencia al libro empleado para registrar el tiempo de vuelo y diversas acciones que ocurren en el mismo. Se encuentra organizado de forma cronológica lo cual permite extraer los elementos que se requieran de forma ordenada y clasificada. Se encuentra aprobada por la Autoridad Aeronáutica y permite a los investigadores obtener datos reales respecto a las horas de vuelo de un piloto comercial.

### *Hipótesis*

El número de horas de vuelo en cabinas automatizadas y manuales no se relacionan ( $p > 0.05$ ) con las ejecuciones en flexibilidad cognitiva y con la atención focalizada.

A mayor número de horas de vuelo en cabinas automatizadas y manuales ( $p < 0.05$ ), menor es el rendimiento en ejecuciones de flexibilidad cognitiva y atención focalizada.

### *Plan de análisis*

Se realizó un análisis descriptivo univariado (Chávez et al., 2017), para las variables cualitativas por medio de distribución de frecuencias absolutas y relativas y para las variables cuantitativas por medio de medianas y Rangos Intercuartílicos –RIC– debido a la naturaleza discreta de las variables que median la atención focalizada (Stroop lectura, Stroop cruces y Stroop conflicto), y para aquellas que median flexibilidad cognitiva (Wisconsin categorías y Wisconsin perseverativas) y debido a que la variable Stroop Interferencia (Atención Focalizada) no distribuía normalmente.

El análisis de relación entre las variables se realizó por medio de la correlación de Spearman y el aporte de las horas de vuelo a la atención focalizada y la flexibilidad cognitiva se llevó a cabo por medio de modelos lineales generalizados, específicamente, regresión binomial negativa para las subescalas Stroop lectura, Wisconsin categorías y Wisconsin perseverativas, ya que no presentaron una distribución Poisson (Martinez-Loredo et al., 2017), contrario a las variables Stroop cruces y Stroop conflicto las cuales sí presentaron este comportamiento. Por su parte, la predicción de las horas de vuelo a la variable Stroop Interferencia se realizó por medio de un modelo de regresión lineal ajustado por medio de Mínimos Cuadrados Ordinarios –MCO– con una función identidad para el ajuste de la no normalidad de los parámetros del modelo, principalmente los residuales (Szretter, 2013).

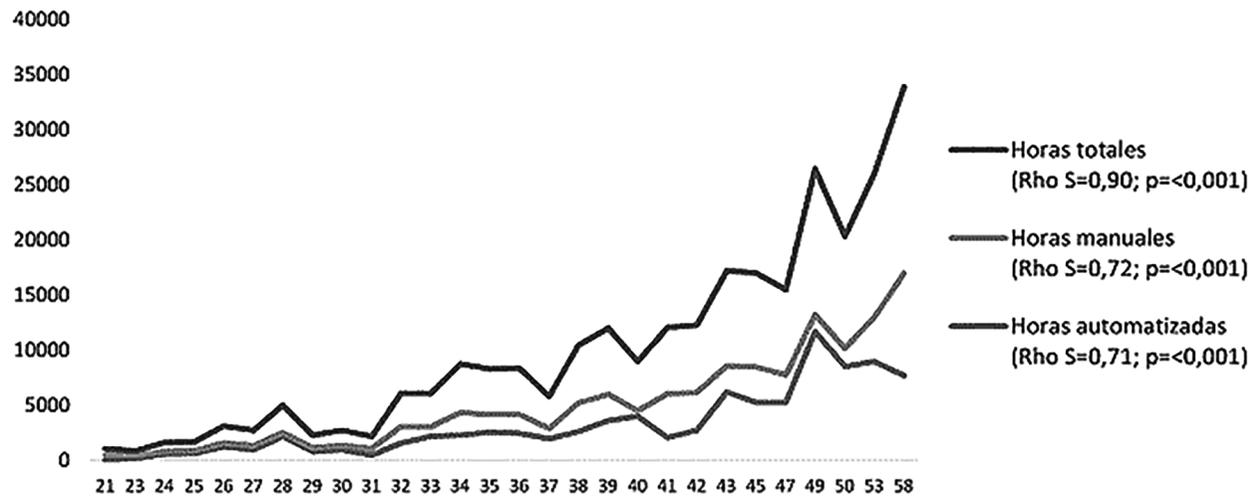
Para ingresar al modelo se tuvieron en cuenta el cumplimiento del criterio estadístico de Hosmer Lemeshow (valor  $p < 0.25$ ) en las pruebas estadísticas correlacionales, se corrieron los modelos simples y se ingresaron al modelo múltiple en orden ascendente por el criterio de Akaike (AIC) (Fagerland & Hosmer, 2012), el Deviance y en orden descendente por el  $R^2$  de Nagelkerke por el método de pasos sucesivos (Stepwise). Se contemplaron como modelos parsimoniosos aquellos con menor AIC (Parzen et al., 2012), y se evaluó sobredispersión por medio del valor del Deviance dividido por los grados de libertad, tomando como sobredisperso aquellos modelos con  $\text{Deviance}/\text{gl} > 1.5$  y como relacionado estadísticamente aquellos predictores con valor  $p < 0.05$ .

Los análisis fueron llevados a cabo en el paquete estadístico Jamovi (2021, version 2.2.5).

## RESULTS

El 95%(95) de los pilotos eran hombres y el 5%(5) mujeres, y de estos, el 50% de los pilotos tenían 35 años o menos ( $RIC = 13$  años), con un mínimo de edad de 21 y un máximo de 58 años. Estos mismos, habían realizado 1550 horas de vuelo automatizadas y 650 horas de vuelo manuales o inferiores a estas; y un total de 3950 horas de vuelo o menos. Existiendo una correlación positiva alta entre ambas, lo que indica que al aumentar la edad aumenta las horas de vuelo automatizadas, manuales y totales (Figura 1).

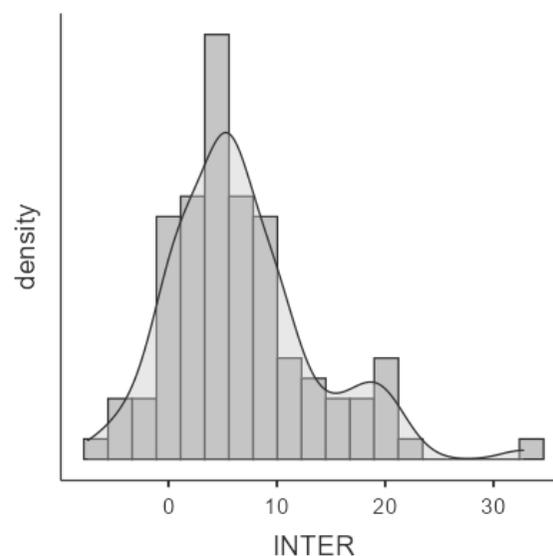
**Figura 1.** Distribución y correlación entre la edad y las horas de vuelo de una muestra de pilotos colombianos.



Fuente: Autores.

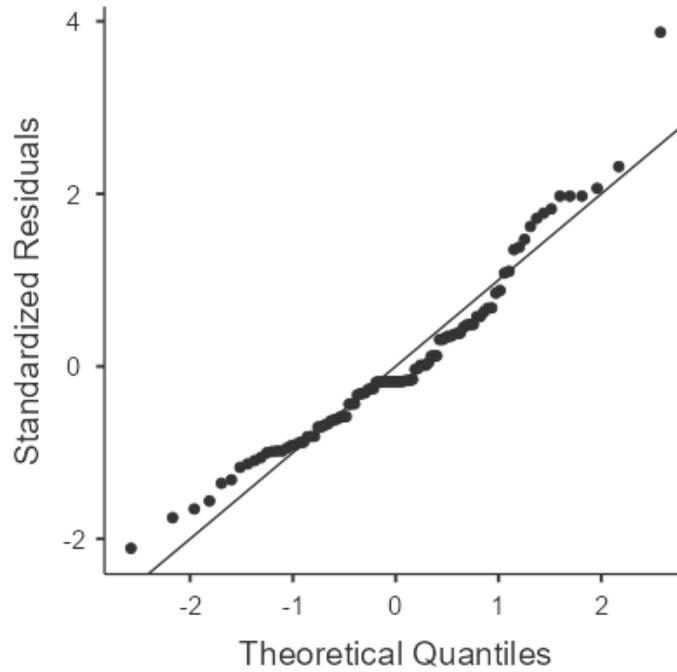
Con relación a la Atención Focalizada medida a través de la prueba de Stroop, la mitad de los participantes obtuvieron en el nivel de automatización de la lectura (Stroop lectura) una puntuación de 95 o superior ( $RIC = 15$ ), una velocidad para identificar y nombrar colores (Stroop cruces) de 73.5 puntos o superior ( $RIC = 10.5$ ), una velocidad para nombrar colores en condiciones de incongruencia (Stroop conflicto), lo que se traduce en una interferencia cognitiva, con una puntuación de 46.5 o superior a esta ( $RIC = 7$ ), y en la resistencia a la interferencia (Stroop interferencia) un puntaje de 5.56 o menos ( $RIC = 7.58$ ); observando una distribución no gaussiana para esta última (valor p Shapiro Wilk= < 0.001) (Figura 2; Figura 3).

**Figura 2.** Histograma con densidad del puntaje obtenido en Stroop Interferencia por pilotos colombianos.



Fuente: Autores.

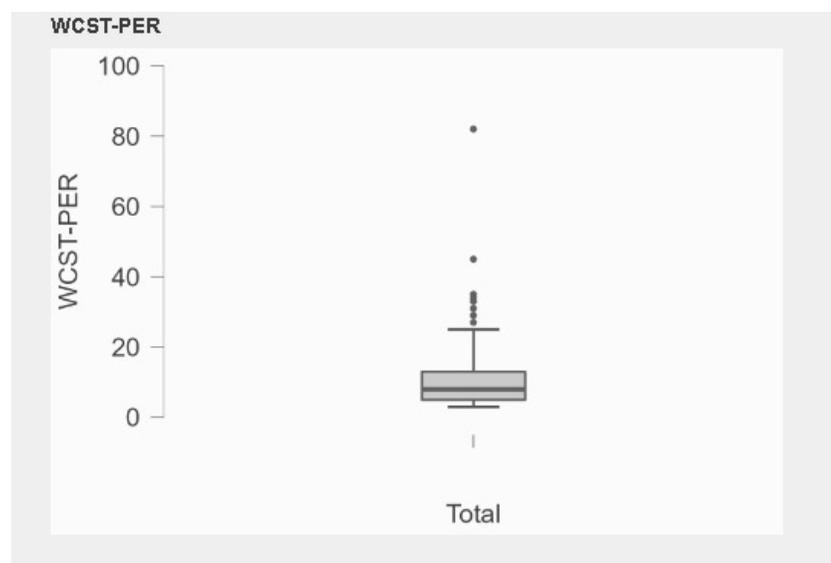
**Figura 3.** Gráfico Q-Q de residuales estandarizados del puntaje obtenido en Stroop interferencia por pilotos Colombianos.



Fuente: Autores.

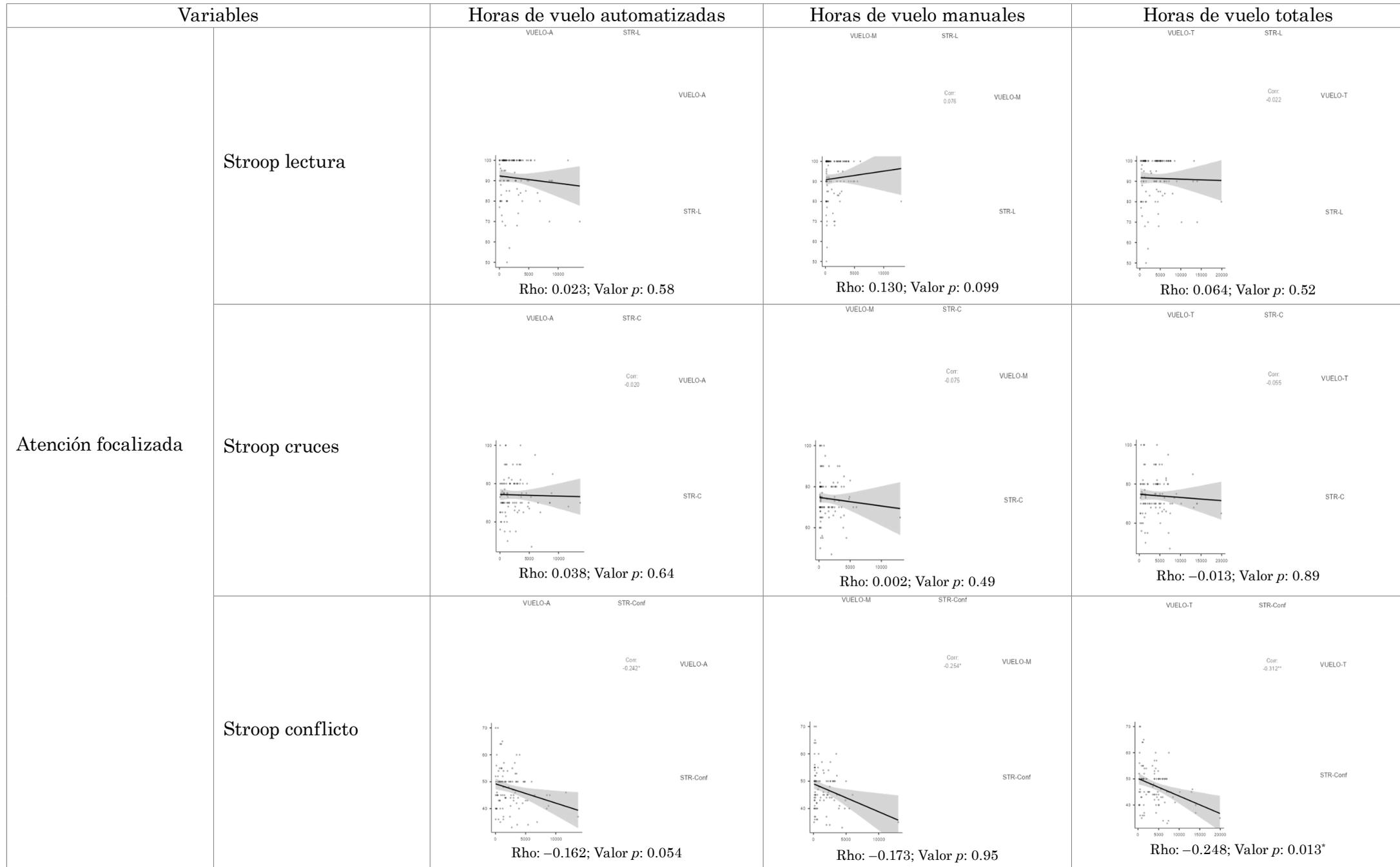
En cuanto a la flexibilidad cognitiva, el 50% de los pilotos obtuvieron en la escala Wisconsin categorías la puntuación máxima que es 6 o inferior a esta ( $RIC = 0.0$ ), mientras que en la escala Wisconsin perseverativas una puntuación de 8 o menos ( $RIC = 8.0$ ) (Figura 4); escalas que evalúan rendimiento y conducta perseverativa, respectivamente.

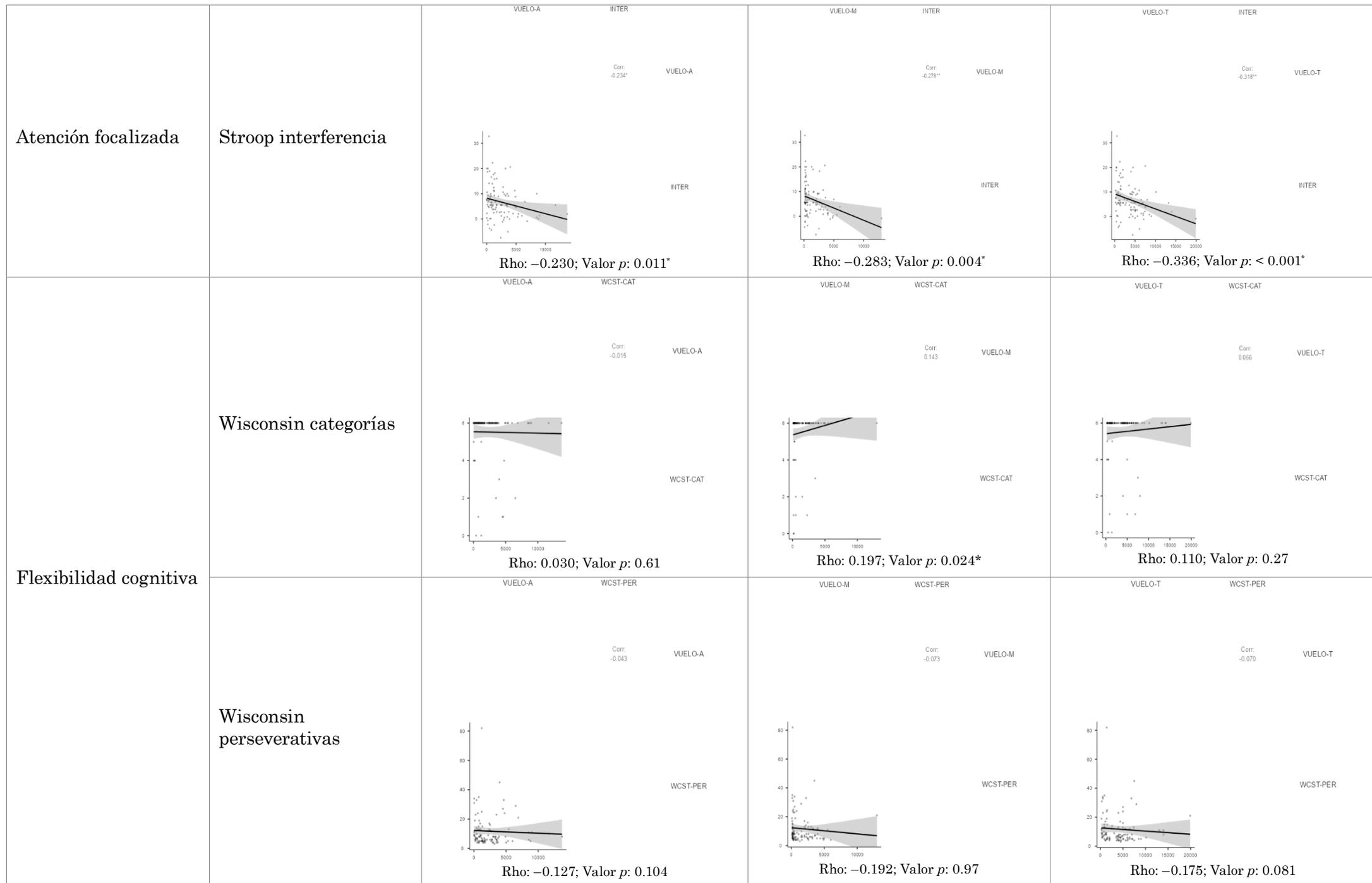
**Figura 4.** Caracterización del comportamiento de Wisconsin Perseverativas en pilotos colombianos.



Fuente: Autores.

FIGURA 5. Correlación entre horas de vuelo y la atención focalizada y flexibilidad cognitiva de pilotos Colombianos.





Fuente: Autores.

Al relacionar las horas de vuelo con las subescalas usadas para evaluar Atención Focalizada y Flexibilidad Cognitiva, se encontró una correlación negativa baja entre las horas de vuelo automatizadas ( $Rho = -0.230$ ;  $p = 0.011$ ), las manuales ( $Rho = -0.283$ ;  $p = 0.004$ ) y las totales ( $Rho = -0.336$ ;  $p = <0.001$ ) con el Stroop Interferencia, lo que indica que a mayor horas de vuelo (automatizadas, manuales y totales) menor resistencia a la interferencia; de igual modo y en el mismo grado (negativa baja) correlacionan las horas de vuelo totales ( $Rho = -0.248$ ;  $p = 0.013$ ) con el Stroop conflicto; lo que quiere decir que a mayor horas de vuelo totales menor capacidad de interferencia cognitiva; contrario a la relación que se da entre las horas de vuelo manuales ( $Rho = 0.197$ ;  $p = 0.024$ ) y la escala Wisconsin categorías, las cuales correlacionan de forma positiva, aunque muy baja, indicando que al aumentar las horas con este modo de vuelo aumentan las categorías logradas en el Wisconsin, lo que demuestra mejor rendimiento del piloto (Figura 5).

Con el propósito de establecer modelos predictivos y teniendo en cuenta no solo las escalas de medición de las variables, sino también el cumplimiento de los supuestos, se corren varios modelos de regresión (Tabla 1): Modelo de regresión Poisson, Modelo Binomial negativo y Modelo Lineal Ajustado con Mínimos cuadrados Ordinarios. Al correr los mismos, se inicia con el Modelo de Poisson para las variables discretas o de razón (Stroop lectura, Stroop Cruces, Stroop Conflicto, Wisconsin perseverativas y categorías), mostrando las variables independientes con respecto al Stroop Lectura, no cumplimiento con el primer supuesto de  $p > 0.05$ , por lo que se corre con esta variable el Modelo Binomial Negativo, sin embargo, no se evidencian significancias en ninguna de las variables independientes (automatizadas: Valor  $p = 0.283$ ; Manuales  $p = 0.317$ ), por lo tanto, con esta variable no se continúa el análisis de regresión.

Situación similar a la anterior, sucedió con las variables independientes que miden la Flexibilidad cognitiva, a las cuales se les corrió también el Modelo binomial negativo (Wisconsin categorías: automatizadas:  $p = 0.771$ ; Manuales  $p = 0.383$ ; Wisconsin Perseverativas: automatizadas:  $p = 0.785$ ; Manuales  $p = 0.518$ ), sin mostrar una significancia, por lo que tampoco se continúa con el análisis de regresión para estas.

Las variables dependientes Stroop Cruces con horas automatizadas ( $p=0,981$ ) y con horas de vuelo manuales ( $p = 0.378$ ), se corrieron con el Modelo de Poisson y no se obtuvo una  $p$  significativa ( $p < 0.05$ ), por lo tanto, no se continúa con el análisis de regresión para dicha variable.

Con la variable Stroop Conflicto se corrió el modelo Poisson y se evidencia un nivel de significancia  $< 0.05$  (horas automatizadas:  $p = 0.042$ ; horas manuales:  $p = 0.026$ ) y para la variable Stroop Interferencia, dado que es una variable continua y no distribuye normalmente, se corrió un modelo lineal ajustado, obteniendo una significancia con las horas de vuelo manual  $p = 0.019$ , por lo tanto, con estas tres variables dependientes se continúa con el análisis de regresión.

**TABLA 1.** Modelos de regresión corridos con función introducir para las variables independientes horas con respecto a las variables dependientes de Atención focalizada y flexibilidad cognitiva en una muestra de pilotos Colombianos.

Atención focalizada										
Tipo de modelo <sup>□</sup>	Variables	Modelo	R <sup>2</sup>	Estimador	SE	exp(B)	Inferior	Superior	z	p
Stroop lectura										
BN	Intercepto			45.16	0.01	91.46	89.37	93.58	384.92	<.001
	Horas automatizadas	1	0.02	-0.01	0.01	0.99	0.96	1.01	-1.07	0.283
	Horas manual			0.01	0.01	1.01	0.99	1.04	1.00	0.317
	Horas total			NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Stroop cruces										
P	Intercepto			43.06	0.01	74.12	72.44	75.82	3.706.62	<.001
	Horas automatizado	1	0.01	-0.00	0.01	1.00	0.98	1.02	-0.024	0.981
	Horas manual	1.49**		-0.01	0.01	0.99	0.97	1.01	-0.88	0.378
	Horas total			NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Stroop conflicto										
P	Intercepto			38.58	0.01	47.39	46.06	48.76	265.45	<.001
	Horas automatizado	1	0.10	-0.03	0.01	0.97	0.94	0.99	-2.04	0.042*
	Horas manual	1.09**		-0.03	0.02	0.96	0.94	0.99	-2.23	0.026*
	Horas total			NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Stroop interferencia										
Laj	Intercepto			0.00	0.642	6.73	5.46	8.008	10.50***	<.001
	Horas automatizado	1	0.11	0.18	0.664	-1.19	-2.51	0.127	-1.79	0.076
	Horas manual			-0.23	0.664	-1.58	-2.90	-0.263	-2.38	0.019*
	Horas total			NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Flexibilidad cognitiva										
Wisconsin categorías										
BN	Intercepto			17.08	0.04	5.52	5.07	5.99	40.09	<.001
	Horas automatizado	1	0.01	-0.013	0.04	0.99	0.90	1.07	-0.29	0.771
	Horas manual			0.04	0.04	1.04	0.95	1.12	0.87	0.383
	Horas total			NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Wisconsin perseverativas										
BN	Intercepto			24.62	0.07	11.72	10.21	13.52	34.41	<.001
	Horas automatizado	1	0.01	-0.02	0.07	0.98	0.84	1.15	-0.27	0.785
	Horas manual			-0.05	0.07	0.95	0.84	1.09	-0.65	0.518
	Horas total			NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC

□ Tipo de modelo de regresión usado: *BN*: regresión binomial negativa, *P*: regresión de Poisson, *Laj*: lineal ajustado por MCO. \* Relación estadística. \*\* Medida de sobredispersión. \*\*\* Estadístico de prueba t de Student.

Fuente: Autores.

Dadas las correlacionales encontradas, se continúa con el análisis de regresión para las variables Stroop Conflicto, Stroop Interferencia y Wisconsin Categorías y así poder determinar el mejor modelo predictivo sobre el funcionamiento de la Atención Focalizada y Flexibilidad Cognitiva con respecto a las variables independientes de horas de vuelo.

Se asume entonces las hipótesis de la distribución de Poisson para la variable dependiente de Stroop Conflicto como a continuación se describe:

Ho: Los datos presentan una distribución Poisson

H1: Los datos no presentan una distribución Poisson

Valor  $p = 0.129$

Decisión: No se tiene evidencia para rechazar Ho.

La variable presenta distribución de Poisson.

Por su parte, las horas de vuelo automatizadas y totales cumplen con el criterio de Hosmer Lemeshow, por lo que son candidatas para ingresar en el modelo de regresión de Poisson y se establece el siguiente modelo teórico:  $\ln(\lambda \text{ Stroop conflicto}) = \beta_0 + \beta_1(\text{Horas de vuelo automatizadas}) + \beta_2(\text{Horas de vuelo totales})$ .

Se corren los modelos simples e ingresa primero al modelo múltiple las horas de vuelo totales y por último las automatizadas, ordenadas por criterio de AIC. Al ingresar las variables al modelo múltiple (Modelo 1; AIC: 680.6; Deviance: 105.7; R<sup>2</sup>: 0.104; valor  $p$  0.002) se encuentra una pérdida de significancia de la variable *Horas de vuelo automatizadas* por lo que se elimina la variable. Se obtiene un modelo final significativo (valor  $p$  0.001), con un Deviance de 106.03 con 98 grados de libertad con una valoración del supuesto de equidispersión de 1.08 y un criterio de AIC de 678.9; indicando que el modelo es adecuado para predecir el Stroop conflicto (Tabla 2).

TABLA 2. Modelos de regresión simples de Poisson con las variables independientes.

Modelo	Variable independiente	Significancia $\beta_i$	IC	AIC	Deviance	Pseudo R <sup>2</sup>	Significativa
1	Horas de vuelo automatizadas	0.008	0.93 - 0.99	683.7	110.8	0.06	Sí
2	Horas de vuelo totales	< 0.001	0.92 - 0.98	678.9	106.3	0.10	Sí

Fuente: Autores.

Según el modelo final el número promedio del puntaje de la subescala de Atención Focalizada (Stroop conflicto) disminuye en un 5% por cada hora de vuelo total adicional (Tabla 3).

**TABLA 3.** Modelo de regresión final de Poisson para la predicción del Stroop conflicto en pilotos Colombianos.

Variables	Coeficiente	Error estándar Bi	IC 95 % Bi		Valor de p	IRR	IC 95 % IRR	
			Inferior	Superior			Inferior	Superior
Intercepto	3.85	0.01	3.83	3.89	< 0.001	47.40	46.06	48.76
Stroop conflicto								
Horas de vuelo totales	-0.05	0.02	-0.08	-0.02	< 0.001	0.95	0.92	0.98

Fuente: Autores.

Por su parte, las horas de vuelo automatizadas, manuales y totales al cumplir con el criterio de Hosmer Lemeshow, resultan ser candidatas para ingresar en el modelo de regresión lineal ajustado. Es así como se establece el siguiente modelo teórico: Stroop inferencia =  $\beta_0 + \beta_1(\text{Horas de vuelo automatizadas}) + \beta_2(\text{Horas de vuelo manuales}) + \beta_3(\text{Horas de vuelo totales})$

Se corren los modelos simples e ingresa primero al modelo múltiple las horas de vuelo totales y por último las automatizadas, ordenadas por el criterio de AIC. Al ingresar las variables al modelo múltiple, ingresa primero horas de vuelo totales, seguida por las horas de vuelo manuales y finalmente las horas de vuelo automatizadas, por orden del ascendente del AIC (Modelo 1; AIC: 660.5; Deviance: 3993.9; R<sup>2</sup>: 0.11; valor p 0.004) se encuentra una pérdida de significancia de la variable *Horas de vuelo automatizadas* y *Horas de vuelo manuales* por lo que se eliminan la variables. Se obtiene un modelo final significativo (valor p 0.001), con un Deviance de 4018.2 y un criterio de AIC de 659,1; indicando que el modelo es adecuado para predecir el Stroop interferencia (Tabla 4).

**TABLA 4.** Modelos de regresión simples de Poisson.

Modelo	Variable independiente	Significancia $\beta_i$	IC	AIC	Deviance	R <sup>2</sup>	Significativa
1	Horas de vuelo automatizadas	0.019	-2.88 - 0.26	664.2	4227.3	0.05	Sí
2	Horas de vuelo manuales	0.005	-3.15 - 0.58	661.8	4126.3	0.07	Sí
3	Horas de vuelo totales	0.001	-3.42 - 0.86	659.1	4018.2	0.09	Sí

Fuente: Autores.

Dado que *Edad* es una variable confusora, en tanto el funcionamiento cognitivo tiende a decrementarse con los años, se incluyó en el modelo para identificar si junto con las horas totales, predecía o no las ejecuciones en las pruebas neurocognitivas. Cuando se ingresa la edad sin las horas de vuelo con relación al Stroop Interferencia, resulta predictiva ( $p = <.001$ ) para las ejecuciones en Atención focalizada, no obstante, cuando se identifica si con las horas de vuelo totales sigue siendo una variable predictiva para las ejecuciones en el Stroop Interferencia, los hallazgos muestran que la edad no termina prediciendo las mismas ( $p = 0.372$ ) (Tabla 5).

**TABLA 5.** Modelo de regresión para la predicción de la Edad y las horas de vuelo totales para el Stroop interferencia en pilotos colombianos.

Variables	Coeficiente	Error estándar Bi	IC 95 % Bi		Valor de p	Exp(B)	IC 95 % Exp(B)	
			Inferior	Superior			Inferior	Superior
Intercepto	6.735	0.64	5.48	7.99	<.001	10.56	6.735	0.6380
Stroop interferencia								
Edad	-0.269	0.0781	-0.422	-0.116	<.001	-3.44	-0.269	0.0781
Intercepto	6.310	0.797	4.748	7.87	<.001	7.918	6.310	0.797
Stroop interferencia								
Horas totales	-1.853	1.876	-5.529	1.82	0.326	-0.988	-1.853	1.876
Edad	-0.915	1.600	-4.051	2.22	0.569	-0.571	-0.915	1.600
Horas totales *Edad	0.478	0.532	-0.565	1.52	0.372	0.898	0.478	0.532

Fuente: Autores.

Por lo tanto, se puede decir del modelo de regresión final lineal ajustado, se afirma que por cada incremento en las horas de vuelo totales, el Stroop interferencia disminuye un factor de 2.14 puntos de valoración en la escala (Tabla 6).

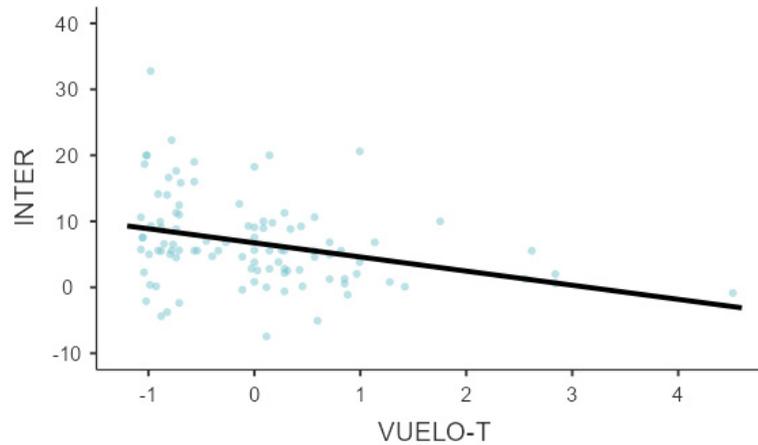
**TABLA 6.** Modelo de regresión final lineal ajustado para la predicción del Stroop interferencia en pilotos colombianos.

Variables	Coeficiente	Error estándar Bi	IC 95 % Bi		Valor de p	Exp (B)	IC 95 % Exp(B)	
			Inferior	Superior			Inferior	Superior
Intercepto	6.73	0.64	5.48	7.99	< 0.001	841.8	239.3	2950.3
Stroop interferencia								
Horas de vuelo totales	-2.14	0.64	-3.40	-0.88	0.001	0.12	0.03	0.41

Fuente: Autores.

Con el propósito de validar el modelo donde se evidencia que las horas totales de vuelo predicen las ejecuciones en el Stroop Interferencia, se realiza un gráfico de residuos (Figura 6), el cual confirma que el Stroop Interferencia alcanzó una distribución normal.

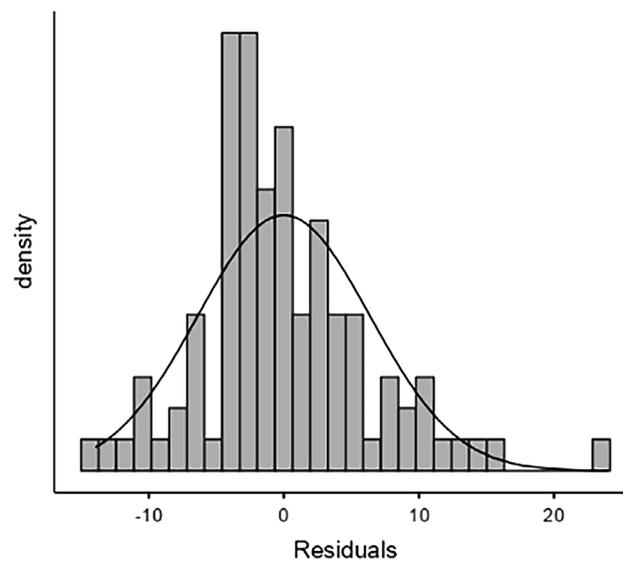
**Figura 6.** Predicción del Stroop interferencia por horas de vuelo totales.



Fuente: Autores.

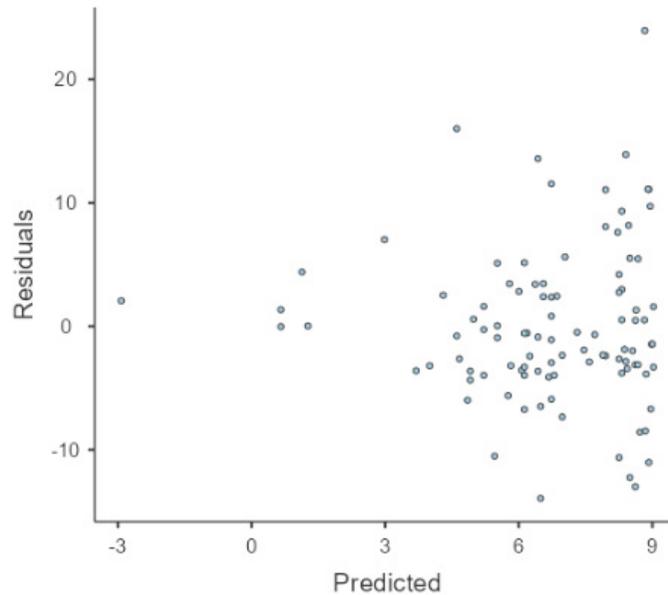
Con respecto a los errores se concluye que hay evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula de normalidad, lo que indica que los errores distribuyen normal (valor  $p$  0.281) (Figura 7); adicionalmente, según el estadístico Durbin Watson los errores no están correlacionados (DW: 1.91; valor  $p$  0.634), y según el gráfico de distribución de los residuos se puede concluir que los errores tienen homocedasticidad (Figura 8).

**Figura 7.** Histograma de distribución de normalidad de los residuos de la regresión lineal ajustada para Stroop interferencia.



Fuente: Autores.

**Figura 8.** Gráfico predictivo de los residuos de la regresión lineal ajustada para Stroop inferencia.



Fuente: Autores.

Dado que se encontraron correlaciones entre el wisconsin categorías con las *Horas de vuelo manuales*, se corre el modelo. Las *Horas De Vuelo Manuales* cumplen con el criterio de Hosmer Lemeshow, por lo que son candidatas para ingresar en el modelo de regresión binomial negativo. Se asume el modelo teórico que a continuación se describe:  $\ln(P \text{ Wisconsin categorías}) = \beta_0 + \beta_1(\text{Horas de vuelo manuales})$ .

Al ingresar la variable al modelo no se encuentra relación significativa entre las variables, por lo que se evidencia que las horas de vuelo manuales no son un predictor para la subescala Wisconsin categorías (Flexibilidad Cognitiva) (Tabla 7).

**TABLA 7.** Modelo de Regresión binomial negativo.

Modelo	Variable independiente	Significancia $\beta_i$	IC	AIC	Deviance	R <sup>2</sup>	Significativa
1	Horas de vuelo manuales	0.409	0.95 - 1.12	403.8	51.1	0.01	No

Fuente: Autores.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo a la evidencia empírica descrita previamente, la muestra de pilotos colombianos con relación al constructo de Atención focalizada, arroja puntuaciones dentro de los rangos de normalidad, identificándose la presencia de recursos mentales para enganchar, mantener y ejecutar la atención eficazmente frente a la tarea.

No obstante, [Wiener y Curry \(1980\)](#) consideran que uno de los errores más frecuentes reportados en los accidentes aéreos se relacionan con las fallas atencionales a los controles automáticos y a las respuestas a las falsas alarmas, lo que indica, que así las ejecuciones en las pruebas de atención se encuentren dentro de lo esperado con relación a poblaciones normales no pilotos, hay declives en este dominio que pudieran afectar las operaciones.

Con respecto a las puntuaciones que facilitan identificar la flexibilidad cognitiva, se muestra capacidad para alternar el foco de atención, pero también de cambio en la realización de tareas requeridas para la correcta maniobra de pantallas de los respectivos equipos durante los vuelos ejecutados. Es de resaltar, que los dominios cognitivos en una muestra de pilotos no podrán compararse con una muestra en los dominios cognitivos de la población típica sana no piloto, pues el hecho de ser piloto implica una pro-eficiencia mayor que la de la población en general en algunas habilidades cognitivas, es por ello que, las ejecuciones obtenidas en Atención Focalizada y Flexibilidad Cognitiva solo se puede comparar entre ellos mismos y dependiendo de las horas de vuelo, no solo totales, sino manuales y automatizadas. El declive cognitivo en diversas habilidades en los pilotos, también ha sido reportado por investigaciones en muestras similares realizadas por [Dorneich et al. \(2013\)](#), [Archer \(2012\)](#) y [Casner et al. \(2014\)](#), quienes advierten la presencia del decremento cognitivo, sin que este sea patológico, pero que finalmente termina influyendo en la operación de la aeronave.

Es de esperarse que exista una correlación positiva entre las horas de vuelo totales y la edad, pues mientras el piloto va avanzando en su carrera de vuelo y edad, se espera que obtenga mayor acumulación de horas en su bitácora, lo que se traduce en mayor experiencia en los equipos que vuela. Con respecto a este hallazgo, [Liu et al. \(2017\)](#) muestran que la cognición y la capacidad psicomotora de muchos pilotos están por encima del nivel promedio de los grupos más jóvenes y que la diferencia individual es evidente; hallazgo que también es apoyado por [Chua y Causse \(2017\)](#). Al respecto, afirman que muchos pilotos entre 45 y 56 años sienten que la capacidad cognitiva se reduce, pero aseveran que ese declive cognitivo pudiera compensarse con experiencia y no existir problemas de seguridad con la maniobra del equipo. Ello resulta lógico y correspondiente con los hallazgos de este estudio, pues finalmente se confirma que son las horas de vuelo las que se relacionan con los dominios cognitivos y no la edad, no obstante, esa supuesta experiencia entendida en horas de vuelo, sí termina prediciendo el declive cognitivo, lo que muestra que la experiencia es un factor de riesgo, más no de seguridad, como lo enuncia [Liu et al. \(2017\)](#).

Por otro lado, con respecto a esa relación significativa entre la edad y las horas de vuelo, se encuentra que, la edad por sí sola tiene una influencia en las ejecuciones de las pruebas que miden la atención focalizada, hallazgo que está en correspondencia con lo encontrado por [Bainbridge \(2002\)](#), [Edwards \(1990\)](#), [Wickens et al. \(2015\)](#), [Hardy et al. \(2007\)](#), quienes afirman diferencias grupales entre pilotos más jóvenes y mayores, informando asociaciones lineales entre edad y rendimiento cognitivo, que se traduce en que se encuentran dominios cognitivos más bajos conforme van avanzado en edad. Sin embargo, no examinan si la edad pueda llegar hacer un

predictivo en las ejecuciones cognitivas en cabinas manuales o automatizadas y lo encontrado en el presente estudio, definitivamente evidencia que, son las horas de vuelo totales y no la edad, las que terminan siendo un predictor de la Atención focalizada.

Por su lado, cuando se correlacionan las variables de dominios cognitivos (Atención Focalizada y Flexibilidad Cognitiva), con las horas de vuelo automatizadas, manuales y totales, se encuentran algunas correlaciones negativas con la medida de Interferencia, lo que indica que a mayor horas de vuelo automatizadas, manuales y totales especialmente, menor resistencia a la interferencia, lo que indica que la Atención Focalizada de la muestra de pilotos, va declinando el nivel de resistencia a la Interferencia, mostrando mayor dificultad en la inhibición de respuestas automáticas a través del control inhibitorio y atencional. Lo anterior, evidencia que la habilidad para inhibir respuestas y ejercer un control voluntario para la resolución del conflicto cognitivo frente a la demanda del entorno operacional en la que se encuentra un piloto en medio de un vuelo, disminuye su autorregulación y capacidad para orientar los recursos atencionales y el mantenimiento activo de la tarea en la Memoria de Trabajo (Chua & Causse, 2017). Este hallazgo coincide con los de Parasuraman y Manzey (2010) y Wickens, et al. (2015), en cuanto al declive en la atención focalizada, aunque enfatizan que ello se da de manera más frecuente cuando el piloto se encuentra en cabinas automatizadas, contrario a estos hallazgos, que encuentran la relación negativa con respecto a las horas totales (incluyen las manuales y totales). Ellos describieron que los pilotos se acomodan a la automatización, por lo que están menos atentos a la hora de reconocer las fallas del sistema, generalmente durante una carga de trabajo alta con periodos en los que pueden delegar tareas cognitivas a la automatización. Por lo tanto, sugieren que este error resulta de los efectos del esfuerzo cognitivo y el uso prolongado por parte del piloto de sistemas automatizados altamente confiables que los hace reducir el nivel de interferencia y por lo tanto, estarán más propensos a errores de manejo al sistema de vuelo.

Un hallazgo importante el cual muestra cómo las horas de vuelo automatizadas terminan afectando el control atencional y la eficiencia para ejecutar los recursos mentales frente a las demandas que operacionalmente se pueden presentar, son los reportados por Salas et al. (2006), quienes sugirieron que la automatización puede degradar el desempeño del equipo, como resultado de una menor conciencia del piloto de (a) la información que recibe de sus compañeros de equipo y/o de (b) las acciones relacionadas con la automatización de sus compañeros de equipo. Frente a lo anterior, si bien estos hallazgos se concentran en mostrar cómo lo automatizado termina influyendo en la atención focalizada del piloto y la evidencia del presente estudio muestra influencia de la sumatoria entre lo automatizado y lo manual, sugiere que independiente de las horas entre uno u otro tipo de cabina, los pilotos tienden a reducir la capacidad para enganchar y ejecutar eficazmente la atención, viéndose afectado el nivel de interferencia, que es el que precisamente termina facilitando omitir lo irrelevante en un momento determinado, para cumplir adecuadamente con la exigencia del entorno.

Contrariamente, las medidas de flexibilidad cognitiva o capacidad que tiene un piloto para responder de manera eficaz a la tarea en situaciones con alto componente de estrés y demanda cognitiva, se correlacionan positivamente con las horas de vuelo manuales, por lo tanto, solo con este modo de vuelo, la flexibilidad cognitiva tendrá un mejor rendimiento. Hallazgo que muestra y confirma lo reportado por [Boeing Commercial Airplanes \(2013\)](#), quienes aseguran que la flexibilidad cognitiva, incluso conductual de los pilotos, que implica capacidad para adaptarse a escenarios en evolución, junto con las mejoras atribuibles a los avances en el diseño y la confiabilidad de los sistemas, sin duda contribuyen a una disminución de los incidentes, lo que indica que la flexibilidad cognitiva termina siendo un dominio importante acompañada de la experiencia y el conocimiento en las cabinas de vuelo.

El análisis de regresión muestra que las horas de vuelo totales son quienes predicen de mejor manera el funcionamiento de la Atención Focalizada, viéndose más afectado este dominio cognitivo mientras más horas de vuelo totales tienen los pilotos. Contrariamente, se evidencia que las horas de vuelo (manuales) no logran predecir la flexibilidad cognitiva en los pilotos, aunque sí se encuentra una correlación positiva entre ambas variables, lo que significa que mientras más horas de vuelo se tengan, mejor será la flexibilidad cognitiva. Siendo finalmente predictores inversamente proporcionales las horas de vuelo totales para el Stroop conflicto y el Stroop interferencia. Tal y como lo sugiere [Volz \(2018\)](#), se requieren estudios con modelos de regresión no solo predictivos sino también explicativos que logren evidenciar la influencia que termina teniendo la experiencia en vuelos automatizados y manuales en los diferentes dominios cognitivos, pues hay poca evidencia empírica que logre sustentar ello para diseñar planes de acción que permitan mitigar los riesgos en el área operacional.

Finalmente, si bien existe relación entre las horas de vuelo y la atención focalizada y flexibilidad cognitiva, son las horas totales de vuelo, más no las automatizadas, las que predicen el rendimiento en las ejecuciones de las pruebas de atención focalizada.

En conclusión, la evidencia empírica mostró que, a mayor horas de vuelo totales, manuales y automatizadas, hay un declive de la atención focalizada en una muestra de pilotos colombianos. Adicionalmente, se halla que, las únicas horas que predicen la atención focalizada, son las totales y no las automatizadas, como inicialmente se hipotetizaba; sin embargo, en cuanto a flexibilidad cognitiva, se evidenció que mientras más horas manuales tenga un piloto, mayor flexibilidad cognitiva tendrá, aunque no se encontró que estas horas logren predecir la flexibilidad cognitiva.

#### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no reportan conflicto de intereses con relación a este estudio.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Nindre Pico-Quintero: Conceptualización, curación de datos, investigación, administración de proyecto, recursos, supervisión, validación, visualización, escritura-borrador original, redacción: revisión y edición. Aprobación final de la versión  
César Andrés Carmona-Cardona: Conceptualización, curación de datos, metodología, administración de proyecto, validación, visualización, escritura-borrador original, redacción: revisión y edición. Aprobación final de la versión  
Paula Andrea Montoya-Zuluaga: Conceptualización, curación de datos, metodología, administración de proyecto, validación, visualización, escritura-borrador original, redacción: revisión y edición. Aprobación final de la versión.  
Leydis Helena Rivera-Quiroz: Conceptualización, análisis formal, recursos, redacción: revisión y edición. Aprobación final de la versión.

## REFERENCIAS

- Abbott, K.; Slotte, S. & Stimson, D. (1996). Report on the interfaces between flightcrews and modern flight deck systems [*Report*]. Federal Aviation Administration.  
<https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/8719>
- Archer, J. (2012). *Effects of Automation in the Aircraft Cockpit Environment: Skill Degradation, Situation Awareness, Workload*. Purdue University.
- Bainbridge, S. M. (2002). Mandatory Disclosure: A Behavioral Analysis. *SSRN Electronic Journal*, 68(4).  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.329880>
- Billings, C. E. (1991). Human-centered aircraft automation: A concept and guidelines. National Aeronautics and Space Administration. [*Technical Memorandum 199-10022821*] NASA.  
<https://ntrs.nasa.gov/citations/19910022821>
- Boeing Commercial Airplanes. (2013). *Statistical summary of commercial airplane accidents: Worldwide operations 1959 – 2012*. Boeing.  
<https://skybrary.aero/articles/boeing-annual-summary-commercial-jet-airplane-accidents>
- Bowers, C.; Deaton, J.; Oser, R.; Prince, C. & Kolb, M. (1995). Impact of automation on aircrew communication and decision-making performance. *The International journal of aviation psychology*, 5(2), 145–167.  
[https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0502\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0502_2)
- Casner, S. M.; Geven, R. W.; Recker, M. P. & Schooler, J. W. (2014). The retention of manual flying skills in the automated cockpit. *Human factors*, 56(8), 1506–1516.  
<https://doi.org/10.1177/0018720814535628>
- Causse, M.; Dehais, F.; Arexis, M. & Pastor, J. (2011). Cognitive aging and flight performances in general aviation pilots. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 18(5), 544–561.  
<https://doi.org/10.1080/13825585.2011.586018>

- Chao, G. (2009, 08-10 March). Human-computer interaction: process and principles of human-computer interface design [*Conference*]. International Conference on Computer and Automation Engineering, Bangkok, Thailand.  
<https://doi.org/10.1109/ICCAE.2009.23>
- Chávez, E.; Fernández, A.; Rodríguez, Á. F.; Gómez, M. G. y Sánchez, B. (2017). Intervención desde la actividad física en mujeres hipertensas de la tercera edad. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(1), 1–10.  
<https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/38>
- Chua, Z. & Causse, M. (2016, July 27-31). Aging Effects on Brain Efficiency in General Aviation Pilots [*Conference*]. International Conference on Neuroergonomics and Cognitive Engineering, AHFE, Walt Disney World, Florida, USA.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-41691-5>
- Dorneich, M. C.; McGrath, K. A.; Dudley, R. F. & Morris, M. D. (2013, 13-16 October). Analysis of the Characteristics of Adaptive Systems [*Conference*]. International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Manchester, UK.  
<https://doi.org/10.1109/smc.2013.156>
- Edwards, K. (1990). The interplay of affect and cognition in attitude formation and change. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59(2), 202–216.  
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.59.2.202>
- Endsley, M. R. & Kiris, E. O. (1995). The out-of-the-loop performance problem and level of control in automation. *Human Factors*, 37(2), 381–394.  
<https://doi.org/10.1518/001872095779064555>
- Fagerland, M. & Hosmer, D. (2012). A generalized Hosmer–Lemeshow goodness-of-fit test for multinomial logistic regression models. *The Stata Journal*, 12(3), 447–453.  
<https://doi.org/10.1177/1536867X1201200307>
- Ferris, T.; Sarter, N. & Wickens, C. (2010). Cockpit Automation. Still Struggling to Catch Up. In E. Salas & D. Maurino (Eds.), *Human Factors in Aviation* (2 ed., pp. 479–503). Academic Press Publications.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374518-7.00015-8>
- Gil, G.-H.; Kaber, D.; Kaufmann, K. & Kim, S.-H. (2012). Effects of modes of cockpit automation on pilot performance and workload in a next generation flight concept of operation. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 22(5), 395–406.
- Golden, Z. L. & Golden, C. J. (2002). Patterns of performance on the Stroop Color and Word Test in children with learning, attentional, and psychiatric disabilities. *Psychology in the Schools*, 39(5), 489–495.  
<https://doi.org/10.1002/pits.10047>
- Hardy, D. J.; Satz, P.; D’Elia, L. F. & Uchiyama, C. L. (2007). Age-Related Group and Individual Differences in Aircraft Pilot Cognition. *The International Journal of Aviation Psychology*, 17(1), 77–90.  
<https://doi.org/10.1080/10508410709336938>
- Heaton, R. (1981). *A manual for the Wisconsin Card Sorting Test*. Psychological Assessment Resources.

- Jamovi Stats Open Now. (2021). Jamovi (Versión 2.2.5) [Software].  
<https://www.jamovi.org/>
- Kantowitz, B. y Campbell, J. (1996). *Pilot workload and flightdeck automation en R*. CRC Press.
- Koeppen, N. A. (2012). *The influence of automation on aviation accident and fatality rates: 2000-2010*. Embry-Riddle Aeronautical University.  
<https://commons.erau.edu/publication/95>
- Lewandowsky, S.; Mundy, M. & Tan, G. (2000). The dynamics of trust: Comparing humans to automation. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6(2), 104–123.  
<https://doi.org/10.1037/1076-898X.6.2.104>
- Li, Y. (2020). The impact of aviation accidents on aircraft manufacturers [Thesis Dissertations, Universidad Tufts]. Base de datos ProQuest.  
<https://www.proquest.com/openview/ce53741b1a929b68a1dd771903d63f0c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=51922&diss=y>
- Liu, Q.; Wang, Y.; Pang, J.; Xiong, D.; Deng, X.; Bai, Y. & Guo, X. (2017, 21-23 October). Study on mental attributes of aged test pilots [Conference]. International Conference on Man-Machine Environment System Engineering, Jinggangshan, China.  
[https://doi.org/10.1007/978-981-10-6232-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-10-6232-2_10)
- Martínez-Loredo, V.; Fernández-Hermida, J.; Carballo, J. & Fernández-Artamendi, S. (2017). Long-term reliability and stability of behavioral measures among adolescents: The Delay Discounting and Stroop tasks. *Journal of Adolescence*, 58, 33–39.  
<https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2017.05.003>
- Morrow, D. G.; Menard, W. E.; Stine-Morrow, E. A. L.; Teller, T. & Bryant, D. (2001). The influence of expertise and task factors on age differences in pilot communication. *Psychology and Aging*, 16(1), 31–46.  
<https://doi.org/10.1037/0882-7974.16.1.31>
- Norman, D. A. (1990). The “Problem” with Automation: Inappropriate Feedback and Interaction, not “Over-Automation.” *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 327(1241), 585–593.  
<http://www.jstor.org/stable/55330>
- Parasuraman, R. & Manzey, D. H. (2010). Complacency and bias in human use of automation: an attentional integration. *Human factors*, 52(3), 381–410.  
<https://doi.org/10.1177/0018720810376055>
- Parasuraman, R.; Sheridan, T. B. & Wickens, C.D. (2000). A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans*, 30(1), 286–297.  
<https://doi.org/10.1109/3468.844354>
- Parzen, E.; Tanabe, K. & Kitagawa, G. (Eds.). (2012). *Selected Papers of Hirotugu Akaike*. Springer Science & Business Media.  
<https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1694-0>
- Reason, J. T. (1990). *Human error*. Cambridge University Press.

- Riley, F. J. (1996). *Assembly automation: a management handbook*. Industrial Press Inc.
- Salas, E.; Rosen, M. A.; Burke, C. S.; Goodwin, G. F. & Fiore, S. M. (2006). The Making of a Dream Team: When Expert Teams Do Best. In K. A. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 439–453). Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511816796.025>
- Sternberg, R. (2015). *Cognitive Psychology* [6 ed.]. Cengage Learning.
- Strauch B. (2017a). The Automation-by-Expertise-by-Training Interaction. *Human factors*, 59(2), 204–228.  
<https://doi.org/10.1177/0018720816665459>
- Strauch, B. (2017b). Investigating Human Error: Incidents, Accidents, and Complex Systems [2 ed.]. CRC Press.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781315589749>
- Szretter, M. E. (2013). *Apunte de Regresión Lineal*. Universidad de Buenos Aires.
- Volz, K. M. (2018). Cognitive skill degradation: Analysis and evaluation in flight planning [*Doctoral dissertation*, Iowa State University]. DRLIB.  
<https://dr.lib.iastate.edu/handle/20.500.12876/30870>
- Wickens, C. D.; Clegg, B. A.; Vieane, A. Z. & Sebok, A. L. (2015). Complacency and Automation Bias in the Use of Imperfect Automation. *Human factors*, 57(5), 728–739.  
<https://doi.org/10.1177/0018720815581940>
- Wiener, N. (1964). *God and Golem, Inc: A Comment on Certain Points where Cybernetics Impinges on Religion*. MIT Press.
- Wiener, E. & Curry, R. (1980). Flight-deck automation: Promises and problems. *Ergonomics*, 23(10), 995–1011.  
<https://doi.org/10.1080/00140138008924809>