



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE
EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE
CONDUCTORES CON DISCAPACIDAD
MOTORA MEDIANTE EL USO DE
SIMULADORES DE CONDUCCIÓN.
SISTEMA DE FRENADO**

AUTORA: MARTA MARÍA BOTELLA ESPESO

TUTOR: JUAN FRANCISCO DOLS RUIZ

Curso Académico: 2016-17



RESUMEN

El TFG que se presenta a continuación se aplicará al estudio del procedimiento de evaluación de conductores que requieren el uso de adaptaciones de mandos convencionales para la conducción de un vehículo automóvil.

En primer lugar, se expone el panorama actual en temas de conducción y obtención de licencia de conducir para personas con movilidad reducida, poniendo de manifiesto la demanda, las dificultades que conlleva y la necesidad de mejora de dicho proceso. Así mismo, se expresan las ventajas que ofrecen los sistemas de simulación de conducción y los beneficios que pueden aportar a este campo.

El consecuente estudio se ha desarrollado a partir del análisis del comportamiento de diferentes tipos de conductores, con y sin discapacidad, en distintas pruebas del protocolo con el simulador. Este cometido se llevará a cabo con ayuda de mandos convencionales y adaptaciones para frenada en un vehículo automóvil, principalmente. Se han tomado, además, las opiniones de los voluntarios después de realizar las pruebas, mediante un cuestionario para obtener información de la percepción del sujeto a nivel de usuario.

Como conclusión del TFG se pretende con los resultados obtenidos contrastar el grado de significatividad estadística en las diferentes situaciones y a definir el nivel de aplicación y la optimización del protocolo de evaluación para conductores con discapacidad motora.

Palabras clave: evaluación de conductores, adaptaciones de mandos, movilidad reducida, simulador de

conducción, protocolo de evaluación.



ABSTRACT

The final degree project, which is presented below, is directly applied to the study of the Disabled Drivers Evaluation Process, that require the use of conventional control adaptations for a real driving motor vehicle.

In the first place, regarding the theoretical framework, the current panorama on driving and obtaining a driver's license for people with reduced mobility is exposed. Highlighting demands, difficulties involved and the need to improve this process. Advantages offered by driving simulation systems are also commented; likewise, different benefits which are indicated in matter to understand how they can contribute to this field.

The following study is developed from the behavior of different types of drivers' analysis, with and without disability or independence mobility problems, in different tests of the protocol with a driving simulator system. This task will be carried out with conventional controls and adaptations for braking in a motor vehicle, mainly. Volunteers' opinions have been taken as well, through a questionnaire, in order to obtain information about their perception at user level.

As a conclusion of the project, results obtained are intended to compare the degree of statistical significance in the different situations. It also tries to define both the application level and optimization possibilities of the evaluation protocol for drivers with motor disabilities.

Keywords: Disabled drivers evaluation, control adaptations, Driving simulation, reduced mobility, evaluation protocol.



DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- MEMORIA
- PRESUPUESTO
- ANEXOS

ÍNDICE DE LA MEMORIA

OBJETIVOS DEL TRABAJO	10
Objetivo principal	10
Objetivo secundario	10
MOTIVACIÓN	11
ANTECEDENTES	12
1. INTRODUCCIÓN A LA DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL PERMISO DE CONducIR POR PMR.....	13
1.1 Discapacidad en España	13
1.2 Personas con Movilidad Reducida (PMR)	14
1.3 Movilidad reducida en la conducción	14
1.4 Marco legal en la conducción y obtención del permiso de conducir para PMR.....	15
1.5 Proceso de obtención del permiso de conducir para PMR.....	16
1.6 Aplicación de simuladores en la evaluación de conductores.....	18
2. METODOLOGÍA.....	18
2.1 Definición de la población.....	18
2.1.1 El grupo de control.....	19
2.1.2 El grupo experimental.....	19
2.2 Definición de la herramienta.....	21
2.2.1 Simulador SE ² RCO	21
2.2.2 Hardware.....	22
2.2.2.1 Estructura del simulador	22



2.2.2.2	Ayudas técnicas convencionales incorporadas al simulador SE ² RCO	23
2.2.3	Software	25
2.2.3.1	Arranque y apagado del sistema.....	25
2.2.3.2	Ventana de control.....	27
2.3	Protocolo de evaluación de la capacidad de conducción de un evaluador experimental	28
2.3.1	Evaluación de la capacidad de sujeción del mando.	29
2.3.2	Evaluación de la capacidad de accionamiento de los mandos	29
2.4	Método de evaluación	29
2.4.1	Ensayos prácticos	29
2.4.1.1	Pruebas de frenado estático.	29
2.4.1.2	Pruebas de tiempos de reacción.	30
2.4.1.3	Pruebas de conducción y frenado.	31
2.4.2	Cuestionario	32
2.4.3	Análisis estadístico.	33
2.4.3.1	Test de hipótesis.....	33
2.4.3.2	Nivel de Significancia y p-valor.....	33
2.4.3.3	Selección del estadístico.	34
3.	RESULTADOS	35
3.1	Análisis estadístico de las pruebas de frenado estático.....	35
3.1.1	Rango de movilidad de los mandos de frenado.....	35
3.1.2	Fuerza sobre el pedal de freno.....	36
3.1.3	Fuerza con adaptación freno de palanca	41
3.2	Análisis estadístico de las pruebas de tiempos de reacción	44
3.2.1	Tiempo de reacción con freno preparado.....	44
3.2.2	Tiempo de reacción durante aceleración.....	47
3.3	Análisis estadístico de prueba distancia de frenado y conducción.....	49
3.3.1	Velocidad alcanzada	50
3.3.2	Tiempo de frenado	52
3.3.3	Distancia recorrida	56
3.3.4	Desplazamiento lateral.....	59
3.3.5	Prueba de rampa con pendiente 10%.....	61



3.4	Análisis resultados de opinión.....	62
3.4.1	Aptitud ante el mareo en el uso de simuladores de conducción.....	62
3.4.2	Aptitud en la realización de las pruebas de evaluación	63
4.	CONCLUSIONES	66

INDICE DEL PRESUPUESTO

1	Necesidad del presupuesto.....	70
2	Contenido.....	70
2.1	Cuadros de precios descompuestos.....	72
2.2	Presupuesto de Ejecución Material.....	72
2.3	Presupuesto de ejecución por contrata.....	73
2.4	Presupuesto base de licitación.....	73
	REFERENCIAS.....	74
	ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS CONTENIDAS EN EL TFG

Tabla 1.	Datos generales de los usuarios del grupo de control.	19
Tabla 2.	Datos generales de los usuarios del grupo experimental.	20
Tabla 3.	Secuencia de las fases del procedimiento de evaluación de la capacidad de conducción de usuarios con discapacidad que van a conducir con ayudas técnicas.....	28
Tabla 4.	Resultados obtenidos de las pruebas de rango de movilidad del mando del freno.	35
Tabla 5.	Datos de las dos muestras de proporciones binomiales para el rango de movilidad.....	36
Tabla 6.	Resultados del Test de Hipótesis de proporciones binomiales para el rango de movilidad.	36
Tabla 7.	Resultados obtenidos de las pruebas de fuerza sobre el pedal de freno.	36
Tabla 8.	Resumen Estadístico para la variable Fuerza sobre el pedal de freno.	37
Tabla 9.	ANOVA para fuerza en el pedal de freno por PMR.	38
Tabla 10.	Test de Levene para Verificación de Varianzas de la variable fuerza en el freno.	40
Tabla 11.	Resultados obtenidos de las pruebas de fuerza con adaptación freno de palanca.	41
Tabla 12.	Resumen Estadístico para la variable Fuerza con la palanca de freno.....	41
Tabla 13.	ANOVA para fuerza en la palanca de freno por PMR.....	42
Tabla 14.	Test de Levene para Verificación de Varianza de la variable fuerza con palanca de freno	44

Tabla 15. Resultados obtenidos de las pruebas de tiempos de reacción con freno preparado.....	44
Tabla 16. Resumen Estadístico para la variable tiempo de reacción con freno preparado.....	45
Tabla 17. Test de Mann Whitney para igualdad de medianas del tiempo de reacción con freno preparado.....	46
Tabla 18. Resumen Estadístico para el logaritmo en base 10 de la variable TRF.	46
Tabla 19. Análisis de Varianza para LOG10(Tiempo de frenado) - Suma de Cuadrados Tipo III.....	47
Tabla 20. Resultados obtenidos de las pruebas de tiempo de reacción durante aceleración.	47
Tabla 21. Resumen estadístico para la variable tiempo de reacción durante aceleración.....	48
Tabla 22. Test de Mann Whitney para la igualdad de medianas de la variable tiempo de reacción con aceleración.	49
Tabla 23. Resultados de velocidad obtenidos de las pruebas distancia de frenado.....	50
Tabla 24. Resumen estadístico de la variable de velocidad.	50
Tabla 25. Resultados de velocidad obtenidos de las pruebas distancia de frenado.....	52
Tabla 26. Resumen Estadístico para la variable tiempo de frenado.	53
Tabla 27. ANOVA para tiempo de frenado por PMR.....	53
Tabla 28. Resultados de distancia recorrida obtenidos de las pruebas distancia de frenado.	56
Tabla 29. Resumen Estadístico para la variable distancia de frenado.	56
Tabla 30. ANOVA para distancia recorrida por PMR.....	57
Tabla 31. Test de Levene para Verificación de Varianza de la variable distancia de frenado.	58
Tabla 32. Test de Mann Whitney para igualdad de medianas de la variable distancia de frenado.	58
Tabla 33. Resultados de distancia recorrida obtenidos de las pruebas distancia de frenado.	59
Tabla 34. Resumen Estadístico para la variable desplazamientos.....	59
Tabla 35. Test de Mann Whitney para igualdad de medianas para la variable desplazamientos laterales.....	60
Tabla 36. Resultados obtenidos de las pruebas de rampa.....	61
Tabla 37. Datos de las muestras de proporciones binomiales para prueba de rampa.....	61
Tabla 38. Resultado Test de Hipótesis prueba de rampa.....	61
Tabla 39. Presupuesto del TFG.....	70
Tabla 40. Porcentajes de presupuestos	72

ÍNDICE DE FIGURAS CONTENIDAS EN EL TFG

Figura 1. Personas con discapacidad por edad y sexo en España. (INE, 2008).....	13
Figura 2. Valoración de la discapacidad para conducir, esquema general (Dols, Ozcoidi y Mirabet, 2006) (Dols, J.F., 2015)	17
Figura 3. Vistas generales del Simulador SE ² RCO. [Fotografía de Marta M. Botella]. (CTI – LAUPV, 2017).	21
Figura 4. Adaptación palanca de freno. [Fotografía de Marta M. Botella]. (CTI – LAUPV, 2017).	23
Figura 5. Adaptaciones de pomos (Izquierda tetraplejia, derecha simple). [Fotografía de Marta M. Botella]. (CTI – LAUPV, 2017).	24

Figura 6. Adaptación e instalación de pomos tetrapleja y simple en el volante. [Fotografía de Marta M. Botella]. (CTI – LAUPV, 2017).	24
Figura 7. Ventana VSM de calibración de las adaptaciones instaladas en el simulador SE2RCO. [Recorte de pantalla del Sistema de Simulación de Marta M. Botella]. (CTI – LAUPV, 2017).	26
Figura 8. Pantalla de inicio al Software de Control (Control3) – [Imagen del Manual de Usuario del SGC SE2RCO] (IDF, 2016).....	27
Figura 9. Pantalla de alta de usuario Control3 – [Imagen del Manual de Usuario del SGC SE ² RCO] (IDF, 2016).....	27
Figura 10. Ventana principal Control3 de Gestión de Conductores – [Imagen del Manual de Usuario del SGC SE ² RCO] (IDF, 2016).....	28
Figura 11. Prueba del rango de movilidad del freno. [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).	29
Figura 12. Prueba de fuerza de frenado [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).	30
Figura 13. Prueba de tiempo de reacción con el pie preparado en el freno. [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).	30
Figura 14. Prueba tiempo de reacción mientras se está acelerando. [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).	31
Figura 15. Prueba de rampa con 10% de pendiente. [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).	31
Figura 16. Prueba de distancia de frenado. [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).	32
Figura 17. Cuestionario del usuario. [Fotografía de Marta M. Botella] (Botella, M.M. y Alonso, A.M., 2017).....	32
Figura 18. Región de rechazo y aceptación de la hipótesis nula en la distribución normal para dos colas – [Diferencias entre el nivel de significancia y el P-Valor”] (Mueses, 2008).....	34
Figura 19. Gráfico de Probabilidad Normal de la variable Fuerza sobre el pedal de freno. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	37
Figura 20. Gráfico de la densidad suavizada de la variable Fuerza en el pedal de freno. [Elaboración propia con Programa Statgraphics].....	37
Figura 21. Gráfico de residuos de la variable Fuerza en el pedal de freno vs PMR. [Elaboración propia con Programa Statgraphics].....	39
Figura 22. Gráfico de predichos de residuos de la variable Fuerza en el pedal de freno vs PMR. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	39
Figura 23. Gráfico de LSD de Fisher para la variable Fuerza en el pedal de freno vs. PMR [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	40
Figura 24. Gráfico de probabilidad normal para la variable Fuerza con la palanca de freno. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	42
Figura 25. Gráfico de dispersión de los residuos de la variable Fuerza en el pedal de freno vs. PMR [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	43
Figura 26. Gráfico de residuos de la variable Fuerza con la palanca de freno vs PMR. [Elaboración propia con Programa Statgraphics].....	43

Figura 27. Gráfico de residuos vs. predichos de la variable Fuerza con la palanca de freno vs PMR. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	43
Figura 28. Gráfico de caja y bigotes para la variable tiempo de reacción con freno preparado. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	45
Figura 29. Histograma de frecuencias de la variable log (tiempo de reacción para unificación de varianzas. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	46
Figura 30. Gráfico de densidades suavizadas de las muestras para variable tiempo de reacción con aceleración. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	48
Figura 31. Gráfico caja y bigotes para tiempo de reacción con aceleración. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	49
Figura 32. Histograma para la variable de la Velocidad. [Elaboración propia con Programa Statgraphics].....	51
Figura 33. Gráfico de dispersión para la variable de la Velocidad. [Elaboración propia con Programa Statgraphics].....	51
Figura 34. Gráfico de caja y bigotes para la variable de la Velocidad. [Elaboración propia con Programa Statgraphics].....	52
Figura 35. Gráfico de probabilidad normal para la variable tiempo de frenado. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	54
Figura 36. Gráfico de residuos vs. Predichos de la variable tiempo de frenado. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	54
Figura 37. Gráfico de dispersión de los residuos para la variable tiempo de frenado. [Elaboración propia con Programa Statgraphics].....	55
Figura 38. Gráfico LSD de Fisher con nivel de confianza 95% para la variable tiempo de frenado. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]	55
Figura 39. Gráfico de residuos vs. predichos para la distancia de frenad. [Elaboración propia con Programa Statgraphics].....	57
Figura 40. Gráfico de probabilidad normal para la variable desplazamientos laterales. [Elaboración propia con Programa Statgraphics].....	60
Figura 41. Diagrama circular de proporciones para la frecuencia en el mareo.	62
Figura 42. Diagrama circular de proporciones para la realidad virtual.....	62
Figura 43. Diagrama circular de proporciones para la susceptibilidad al mareo.....	62
Figura 44. Gráfico de barras para la tendencia al mareo.....	63
Figura 45. Gráfico de barras durante y después, para el estado de somnolencia.....	64
Figura 46. Gráfico de barras durante y después, para el estado de confusión.....	64
Figura 47. Gráfico de barras durante y después, para el estado de fatiga visual.	64
Figura 48. Gráfico de barras durante y después, para la dificultad de concentración.	64
Figura 49. Gráfico de barras durante y después, para el estado de visión.	64
Figura 50. Diagrama de barras de percepción ante las pruebas.....	65
Figura 51. Diagrama de barras de proporciones de las opiniones de valoración del protocolo.	65



MEMORIA



OBJETIVOS DEL TRABAJO

Objetivo principal

El objetivo principal de este trabajo es, tras duros años de estudio y dedicación, obtener finalmente el Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales (GITI). Todo esto orientado a la posterior realización del Máster Universitario en Ingeniería Industrial (MUII) y con ello la obtención del título de Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).

Objetivo secundario

El objetivo secundario de este TFG es optimizar el procedimiento de evaluación experimental de conductores con movilidad reducida, mediante el uso del simulador de conducción SE²RCO. Más concretamente, enfocado al estudio del protocolo de evaluación de conductores y al uso de adaptaciones de mandos de **frenado**.

Con este trabajo se pretende definir el nivel de aplicación del protocolo actual, y con ello, facilitar el proceso de obtención de la licencia de conducir para personas con problemas de movilidad. Ayudándoles a sortear los diferentes obstáculos que se les presentan, ahorrándoles largos y tediosos procesos.



MOTIVACIÓN

Existen numerosas ramas en el ámbito de la ingeniería industrial, cada una más apasionante que la anterior, por lo que no ha sido tarea fácil escoger un único trabajo para cerrar con broche de oro este primer periodo de estudiante universitario.

Aunque el grado ha sido duro, contra todo pronóstico, he acabado por encontrar cierta magia en cada especialidad. Todas, con sus pros y sus contras, cada una es interesante, difícil y bella a su manera. No obstante, y gracias a las posibilidades que se me han brindado siendo estudiante de la UPV, de hacer prácticas en empresas, me he dado cuenta que lo que más disfruto es estar en contacto con las personas directamente. Una carrera profesional con relaciones sociales activas, viendo los problemas y dando las soluciones en primera línea de acción.

Dada la extensión del trabajo, que iba a ser algo en lo que hay que poner gran empeño, dedicación, esfuerzo y lo mejor de uno mismo, quería que fuera algo que me llenase, no sólo en el ámbito estudiantil sino a nivel personal. Desarrollar una idea que ayude a la gente real con un problema real y con suerte que esa idea se desarrolle a corto plazo cumpliendo sus objetivos.

Mediante el presente TFG se me ha dado la oportunidad de colaborar con la mejora de las condiciones en el ámbito de la conducción de personas con problemas serios de movilidad y, por ende, ayudar a enriquecer las condiciones de vida de estas personas.



ANTECEDENTES

Los trámites para la obtención de la licencia de conducción para personas con movilidad reducida son largos y enrevesados. Es más, tan sólo para el acceso a su obtención, estas personas con dificultades motoras han de sortear numerosos obstáculos, que no siempre están claros. El desconocimiento de información sobre las gestiones a realizar, así como la falta de recursos por parte de las administraciones a las que precisan acudir, es un problema al que se exponen todas estas personas que quieren o precisan sacarse el carné de conducir. El desarrollo de estudios con de simuladores de conducción adaptados busca ser una solución a estos problemas.

Generalmente, los estudios de mercado realizados indican que la construcción de simuladores adaptados no es un problema de ingeniería sino de demanda, buena voluntad y coste. Aunque no existan muchas experiencias de investigación en este campo de la simulación se pueden mencionar algunos de los más recientes como excepción.

El proyecto de final de carrera “Validación experimental del procedimiento de evaluación de conductores discapacitados mediante el uso del simulador de conducción SE²RCO” fue realizado en el año 2013 por la UPV. Tres años más tarde, en 2016, se llevaron a cabo en paralelo varios trabajos de fin de grado, en materia de validación simuladores para personas con discapacidades severas con el uso de Joysticks de cuatro vías. Estos trabajos han servido de inspiración y han resultado de gran utilidad para la organización y el enfoque de este proyecto.

Cabe señalar la presencia de diversas conferencias internacionales en las que se han puesto de manifiesto varios estudios de interés, que permiten a profesionales exponer sus ideas y concienciar de los avances del campo de la simulación de conducción. Algunas de ellas con alcance internacional como la “Road Safety Simulator” (RSS) o la “Driving Simulator Conference” (DSC) que se celebra en Europa anualmente. Donde se han expuesto estudios como “Oculus”, para la comparación del mareo en la conducción virtual o un sistema modelo de monitores realizado por *Arts et Métiers ParisTech*, Renault, IFSTTARand y patrocinada por Optis.

Por último, en materia de evaluación funcional de conductores con discapacidad motora, se han llevado a cabo diferentes estudios de gran utilidad para definir los criterios a tener en cuenta a la hora de evaluar a un conductor con discapacidad. Proyectos como “*Best practice Guideline for Car-adaptations for Disabled Drivers*” (CABI, 2010), AGILE (Sommers, S et al. , 2003) o previamente los protocolos desarrollados por el MAVIS (1998) son algunos ejemplos.

1. INTRODUCCIÓN A LA DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL PERMISO DE CONDUCIR POR PMR

1.1 Discapacidad en España

El número de personas residentes en España que declaran tener alguna discapacidad asciende a 3.847.900, lo que supone un 8,5% del total de la población, según los resultados provisionales de la Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (INE, 2008). Hay que tener en cuenta que la evolución del número de personas con discapacidad depende principalmente de dos factores, que comentamos a continuación.

Por un lado, a consecuencia de los cambios demográficos y el aumento de la longevidad en las últimas décadas en España, se han producido profundas transformaciones en la pirámide poblacional. Entre ellas, un proceso de envejecimiento notable de la población, resultando un considerable aumento de aquellos habitantes mayores de 64 años -un 14,4%-, (grupo de edad en el que más incide la discapacidad), que hace crecer el número de personas con discapacidad.

No obstante, estos importantes cambios sociales han llevado a que instituciones sociales y políticas deban ajustar sus objetivos a esta nueva realidad, que demanda más protección social y apoyo a la independencia de estas personas. La última decisión del gobierno de España, la Estrategia Española de la Discapacidad 2012-2020 (Leire Pajín, 2010), es una muestra de ese proceso incesante de intensificación de las políticas públicas en materia de discapacidad. Así pues, la mejora de las condiciones sociales y de salud, hace que el número de estas personas sea menor de lo esperado.

Por sexo, más de 2,30 millones de mujeres afirman tener una discapacidad, frente a 1,55 millones de hombres. Las tasas de discapacidad de las mujeres son más elevadas que las de los hombres en edades superiores a 45 años. En los tramos de edad inferiores a 44 años las tasas de los varones superan a las de las mujeres. Estos datos se pueden observar en la Figura 1 de manera gráfica.

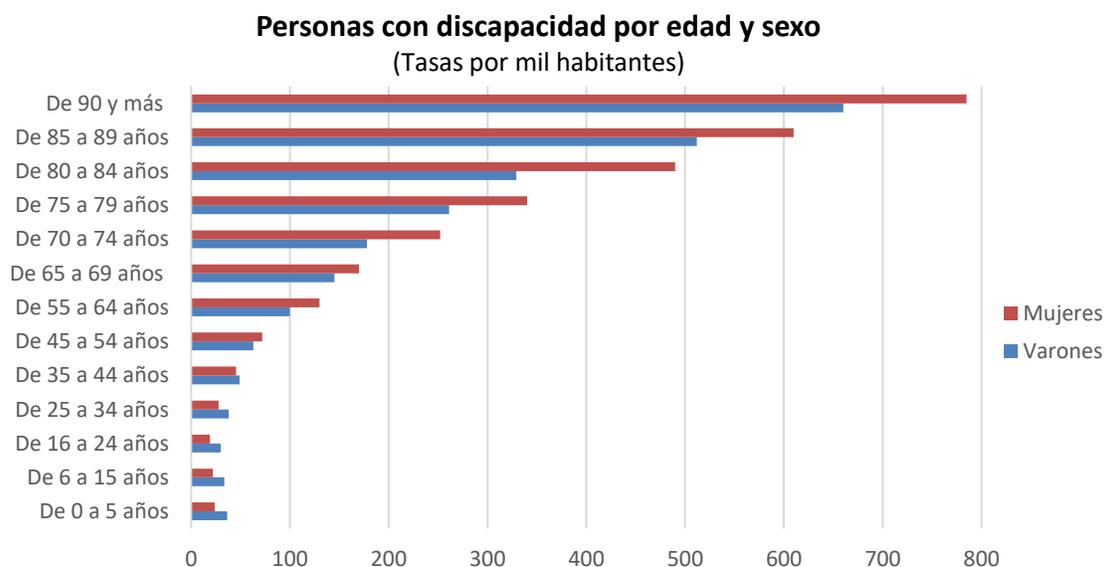


Figura 1. Personas con discapacidad por edad y sexo en España. (INE, 2008)

En todas las comunidades se mantiene el mismo perfil por sexo y edad que se encuentra a nivel nacional; es decir, tasas femeninas inferiores a las masculinas para los grupos de edad hasta 44 años y superiores a partir de los 45 años.

1.2 **Personas con Movilidad Reducida (PMR)**

Dentro de la población con discapacidad sólo aquellos que presentan una discapacidad relacionada con la movilidad se encuentran dentro del marco de Personas con Movilidad Reducida (PMR) (Aeronova). Es este colectivo en el que nos centraremos a lo largo de proyecto.

Dentro del ámbito del transporte, la UE definió PMR como *“Cualquier persona cuya movilidad para utilizar un medio de transporte se ve reducida a causa de alguna discapacidad física (sensorial o locomotora, permanente o temporal), discapacidad o impedimento intelectual o por cualquier otra causa de discapacidad o por la edad, y cuya situación precise una atención adecuada y la adaptación a sus necesidades concretas del servicio disponible para todos los pasajeros”* (Adjarova, L., Karova, I., Lepinioti, I., y Carslaw, B., s. f).

La definición de las PMR, dentro del campo de la accesibilidad, son aquellas personas que tienen limitadas, temporal o permanente, la capacidad de desplazarse o moverse. De manera que para ello son dependientes de ayuda externa (Instituto de Diseño y Fabricación - UPV, s.f.). En este conjunto se incluyen diferentes grupos de personas:

- Discapacitadas de tipo físico. Que se desplazan con silla de ruedas u otro tipo de ayudas (muletas, andadores, etc.) y poseen dificultad para desplazarse o viajar.
- Discapacitadas de tipo sensorial con dificultades en la utilización de los servicios.
- Aquellas con ausencia de movilidad funcional por amputación o artritis.
- Las que sufren problemas por enfermedades cardíacas o respiratorias que impidan su movilidad.
- Las que tienen dificultades debidas a la edad para desplazarse de forma autónoma.
- Las que presentan temporalmente una pérdida de movilidad.

1.3 **Movilidad reducida en la conducción**

La adquisición tanto de un carné de conducir, como de un vehículo adaptado en la actualidad, es un proceso largo y tedioso para las PMR por varios motivos, algunos de ellos descritos a continuación.

En primer lugar, encontrar la adaptación adecuada para un conductor con movilidad reducida no es tarea fácil además de encontrarse cómodo y seguro con ella. Por otro lado, y a consecuencia de esto, se precisa de un aprendizaje de conducción exclusivo y alternativo al resto de conductores para aprender a manejar una adaptación. Por último, son necesarias una serie de evaluaciones psicofísicas extraordinarias para la obtención del permiso. Por no mencionar el esfuerzo económico que supone para el individuo tanto la adquisición del carné como del vehículo adaptado.

A pesar de que existe transporte público, la libertad de poder usar un vehículo propio privado es una necesidad y un derecho de todos en la actualidad. El acceso de las personas con discapacidades motoras a la conducción de sus propios vehículos y la protección de los mismos cuando se desplacen en vehículos privados es una de las cinco líneas de actuación en las que la Dirección General de Tráfico está trabajando (DGT, 2011) y que forman parte de la Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020, mencionada con anterioridad.

Con el fin de poder conseguir la accesibilidad universal, la Dirección General de Tráfico (DGT) ha organizado para los próximos meses unas jornadas de actualización y homogenización de criterios técnicos para la evaluación de conductores con movilidad reducida (la más próxima a finales de junio 2017). Junto con el Instituto de Diseño y Fabricación de la Universidad Politècnica de Valencia y la Asociación de Investigación en Diseño y Fabricación, la DGT citará a profesionales que participan en las fases de evaluación para tratar de armonizar los procedimientos y dar a conocer los recursos vigentes a nivel estatal (DGT, 2016). En definitiva, estos talleres pretenden facilitar a las personas con discapacidad motora el acceso al permiso de conducción.

1.4 **Marco legal en la conducción y obtención del permiso de conducir para PMR**

La señalada Estrategia Española sobre Discapacidad 2012-2020, tiene como propósito configurarse como el elemento troncal de visión y acción a largo plazo, que sirva de referencia permanente de las futuras políticas públicas en materia de discapacidad en España. Los principios inspiradores de esta Estrategia están referidos en dos textos legales fundamentales. La ley 26/2011, del 1 de agosto, de adaptación normativa a la Convención Internacional sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad y la Ley 51/2003, del 2 de diciembre, de igualdad de oportunidades, no discriminación y accesibilidad universal de las personas con discapacidad.

Estas normativas persiguen garantizar la no discriminación, igualdad de trato ante la ley e igualdad de oportunidades. Centrándose también en el concepto de vida independiente, entendiéndose como una situación en que una persona con discapacidad ejerce el poder de decisión sobre su propia existencia y participa activamente en la vida de su comunidad. Además, este marco legislativo busca “la normalización, el diseño para todos y la accesibilidad universal”. Principios en virtud del cual, una persona con discapacidad pueda llevar una vida normal pudiendo acceder a los mismos lugares, bienes y servicios que cualquier otra persona.

Seguidamente, cabe destacar la Directiva 2006/126/CE del Parlamento y del Consejo Europeo sobre el permiso de conducción. En ella se refunden anteriores normativas vigentes en la materia y se hace referencia al ámbito de la obtención de la licencia. Asimismo, en el Anexo III de este texto se indican los mínimos estándares médicos para conducir (Dols, J.F., 2015).

Finalmente, se ha publicado en el Diario Oficial de la Unión Europea la Directiva 2015/653, por la cual se simplifican los códigos y sub-códigos del Anexo I de la Directiva 2006/126/CE y se adaptan a las nuevas tecnologías del sector automovilístico.

Al pertenecer a la Unión Europea, España está obligada a cumplir la normativa de referencia en el ámbito de la obtención o renovación del permiso de conducción. La transposición de la Directiva 2006/126/CE al marco normativo español se realizó con la publicación del vigente Reglamento General de Conductores (RGC), (RD 818, 2009). En él se especifica cual es el procedimiento a seguir, tanto en la obtención como en la prórroga de permisos y licencias de conducir. Más concretamente, en el Anexo IV, Epígrafe 3, “Sistema Locomotor”, se indica cómo actuar al respecto con los conductores discapacitados. Además, se explicita el modelo de informe de aptitud a realizar por parte de los Centros de Reconocimiento de Conductores, en adelante CRC's.

La Directiva Europea 89/392/CEE, hace referencia a las adaptaciones y productos de apoyo instalados en vehículos de transporte y establece las condiciones de seguridad y salud que deben cumplir para su libre circulación por la UE. Establece nuevos requisitos para los riesgos especiales debidos a la movilidad de las máquinas, a dispositivos de elevación y a trabajos subterráneos. Esta Directiva ha sido incorporada a la legislación española mediante el Real Decreto 1435/1992.

1.5 Proceso de obtención del permiso de conducir para PMR

Para acceder al permiso de conducir es imprescindible reunir unas condiciones psicofísicas que deben ser valoradas e advertidas en un CRC autorizado por Tráfico (Jefatura Provincial) y Sanidad (servicios sanitarios provinciales de cada comunidad autónoma). Con el fin de unificar los procedimientos evaluadores y facilitar la toma, registro y el análisis de los datos obtenidos en el proceso evaluador, en 2010, el Reglamento 170/2010, reguló el funcionamiento de los CRC. En sus Artículos 6 y 7 establece que las exploraciones han de realizarse de acuerdo al “Protocolo de exploración médico-psicológica” que contempla dos niveles: historia clínica básica e historia clínica específica.

Al acudir a un CRC, en primer lugar, se procede a hacer la llamada Historia Clínica Básica. Ésta se efectúa sobre toda la población conductora y se lleva a cabo con ayuda de unos “Criterios de valoración y derivación”. Se compone de anamnesis y de exploración básica, y cada una de ellas se subdivide a su vez en medicina general, oftalmología y psicología. Concluida esta exploración, se define si el individuo tiene alguna deficiencia.

En el caso de que no exista ninguna deficiencia, el reconocimiento médico se valorará como APTO. El individuo podrá acudir a la Jefatura Provincial de Tráfico para adquirir su permiso o licencia de conducir. Este es el procedimiento ordinario. Si por el contrario el sujeto sí que presenta alguna deficiencia es preciso un caso de estudio más pormenorizado. Se procederá entonces a realizar la Historia Clínica Específica. En este estudio los profesionales del Centro de Reconocimiento se pueden ayudar de los Rangos de movilidad articular actualizados publicados por la UPV.

El objetivo del protocolo específico no es otro que facilitar la toma de decisiones y definir si las deficiencias que presenta el individuo, afectan a las funciones de la conducción. En caso de que no sea así, el reconocimiento médico quedará valorado como APTO y se podrá continuar con el procedimiento ordinario explicado anteriormente. En caso afirmativo, se procederá a la definición de las discapacidades para conducir, derivadas de dichas deficiencias y la selección de las adaptaciones de mandos. Tanto las discapacidades como las distintas adaptaciones se pueden obtener con ayuda de las Tablas Relacionales UPV adecuadas a las directrices europeas (en cuanto a códigos y sub-códigos comunitarios armonizados) (Dols, 2008).

Una vez terminada la exploración específica de valoración de la movilidad, resultando ésta con un reconocimiento médico para la conducción NO APTO, se podrá acudir, a otro CRC y/o a Tráfico/ Sanidad si se desea, para la obtención de una segunda opinión médica y proceder de nuevo de la misma manera. En cambio, si éste resultó APTO el individuo ya podrá acudir a la Jefatura Provincial de Tráfico y se comenzará con el procedimiento extraordinario de Evaluación Práctica.

Llegados a este punto, y haciendo uso de los Criterios de Evaluación Práctica, se pasará a concluir si el individuo es capaz de conducir o no, y si puede hacerlo con ayuda de alguna adaptación en su vehículo, determinando incluso con cual. Pudiendo así finalmente pasar a obtener el permiso de conducción. El proceso queda representado con el diagrama relacional de la Figura 2.

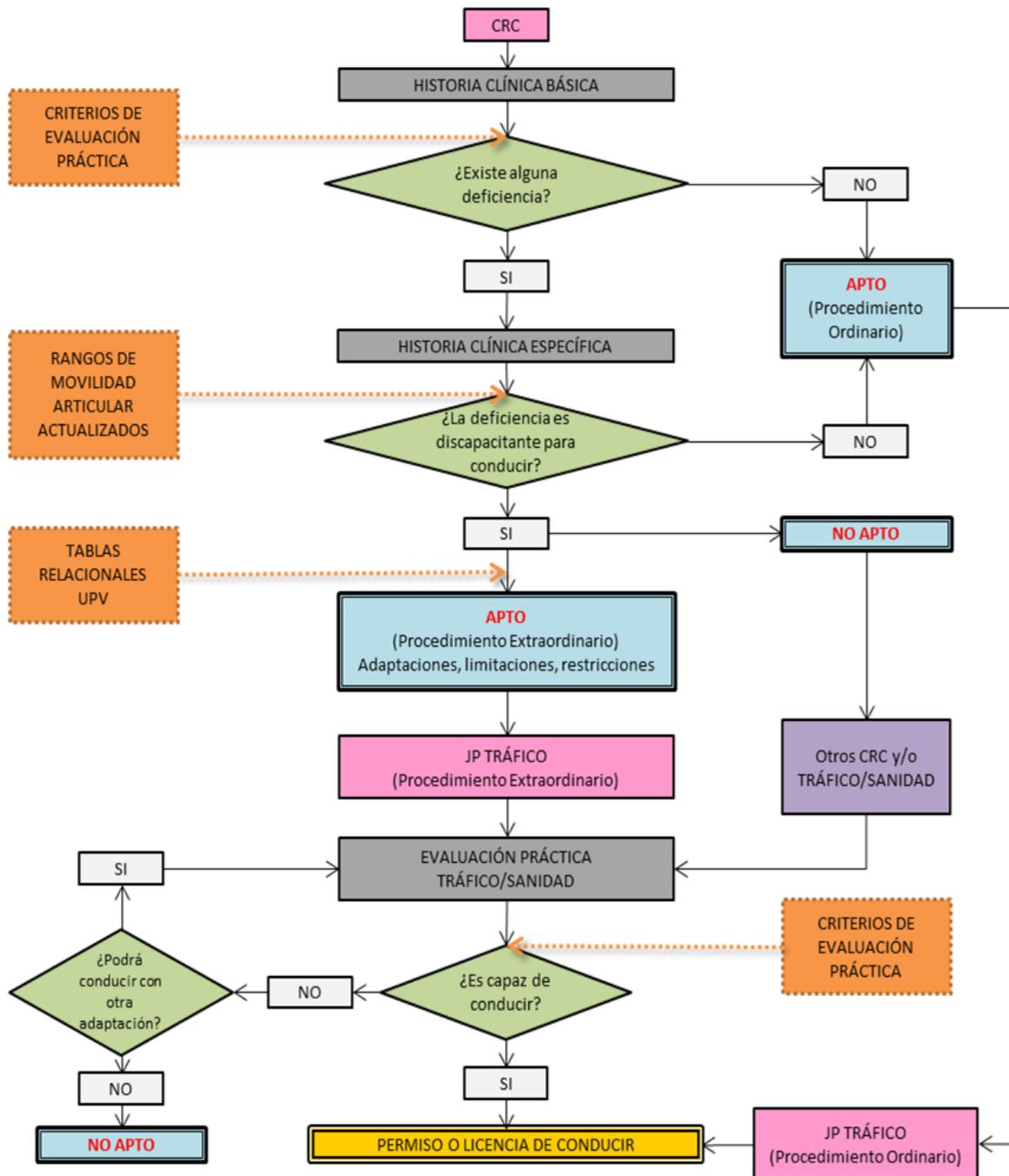


Figura 2. Valoración de la discapacidad para conducir, esquema general (Dols, Ozcoidi y Mirabet, 2006) (Dols, J.F., 2015)

1.6 Aplicación de simuladores en la evaluación de conductores.

Gracias a diferentes experiencias llevadas a cabo en los últimos años, se han podido definir ciertos criterios clave a la hora de evaluar a un conductor (Dols, J.F., 2015). Pudiéndose determinar que para ello se requiere distinguir dos procedimientos de evaluación. Uno de la capacidad residual de conducción en el vehículo (parado) y otro para la conducción realizada en marcha.

Al determinar este tipo de capacidades residuales en un conductor, se puede sustituir el vehículo real por un evaluador experimental, y en el caso de conductores con discapacidad motora permite instalar distintas adaptaciones y configuraciones con mayor libertad, sorteándose restricciones que no podrían solventarse en un vehículo real. Con esta ayuda técnica se pueden definir la idoneidad de las capacidades del usuario para utilizar los mandos adaptados. Sin olvidar la seguridad y funcionalidad, de acuerdo con los requisitos que determina la legislación vigente en relación a la obtención del permiso de conducir, vista anteriormente, con el añadido del ahorro económico.

La simulación es en definitiva una metodología, para reproducir situaciones de la vida real con unas condiciones controlables determinadas. Para que las respuestas obtenidas de un ensayo de simulación sean válidas, es necesario reproducir un entorno con estímulos idénticos a la situación que se pretende emular. En la materia que nos ocupa, los simuladores de conducción pueden generar situaciones reales sin el peligro que atañe la carretera.

El objeto del uso de simuladores es en muchos casos el de detectar diferencias en el comportamiento provocadas por cambios en las habilidades del sujeto. Un simulador de conducción con un buen control de los escenarios, puede enseñar un amplio rango de capacidades cognitivas que son necesarias para abordar situaciones de tráfico y carreteras más complejas (Allen, W. et al., 2000). Incluyendo situaciones apropiadas para identificar alertas, percepción del riesgo, fatiga, toma de decisiones y técnicas de conducción segura y económica.

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición de la población

Para la parte práctica del proyecto, se han establecido dos grupos de trabajo: un grupo de control y otro experimental. El motivo de la diferenciación de estos dos grupos es poder contrastar hipótesis y resultados. Comprobar que efectivamente el procedimiento de evaluación experimental mediante el equipo de simulación consigue evaluar la capacidad de conducción de cualquier persona con movilidad reducida, así como buscar sus debilidades y sus posibilidades de mejora.

Para nuestro experimento hemos empleado una población total de treinta personas, de las cuales veinte pertenecen al grupo de control y diez al experimental. A pesar de la dificultad de encontrar y conseguir la participación de significativa PMR, se ha podido contar con una intervención de este colectivo en la muestra poblacional empleada para el experimento de un 33%. Se ha mantenido en todo momento la confidencialidad de las identidades de los participantes para ambos grupos.

2.1.1 El grupo de control.

El grupo de control lo forman personas sin ningún tipo de problemas de movilidad, que pueden utilizar el sistema sin ninguna restricción ni necesidad de adaptaciones de mandos. Para el experimento han participado veinte personas, de las cuales ocho son mujeres y doce son hombres. La media de edad del grupo de control se sitúa en torno a los veintiséis años y sólo dieciséis tienen permiso de conducir. En la tabla 1 se presentan las características generales del grupo de control.

Tabla 1. Datos generales de los usuarios del grupo de control.

USUARIO	SEXO	EDAD	PERMISO DE CONDUCIR (PDC)	FECHA DE EXPEDICIÓN PDC
U01	M	56	Sí	1981
U02	M	33	Sí	2006
U03	M	29	Sí	2006
U04	M	23	Sí	2015
U05	M	22	Sí	2014
U06	M	22	No	-
U07	M	22	Sí	2012
U08	H	27	Sí	2006
U09	H	25	No	-
U10	H	24	Sí	2011
U11	H	24	Sí	2010
U12	H	23	Sí	2013
U13	H	23	No	-
U14	H	23	Sí	2012
U15	H	23	No	-
U16	H	22	Sí	2012
U17	H	22	Sí	2012
U18	H	22	Sí	2013
U19	H	20	Sí	2015
U20	H	20	Sí	2016

Nota. Se muestran los datos (sexo, edad, posesión del permiso de conducción y fecha de expedición) del grupo de control. En la columna de Sexo se ha anotado M en caso de que sea mujer y H si es hombre.

2.1.2 El grupo experimental.

El grupo experimental lo formaron personas con alguna restricción de movilidad o discapacidad física que afecta a sus capacidades motoras, más concretamente a extremidades superiores e inferiores. La media de edad del grupo experimental es de treinta y ocho años y siete personas tienen carné de conducir. Han participado un total de diez personas, una mujer y nueve hombres. Todos los datos del grupo experimental se presentan en la tabla 2.

Al margen de la experimentación y la parte técnica este proyecto, es de importante relevancia la parte humana. Quizá la parte más complicada de este estudio ha sido llegar a aquellas personas con distintas discapacidades que con sus ganas y colaboración han hecho posible la validación del simulador experimental. Todas ellas se han sentido identificadas y han querido aportar su granito de arena para poder dar un paso adelante en la conducción de este colectivo.

Tabla 2. Datos generales de los usuarios del grupo experimental.

USUARIO	SEXO	EDAD	TIPO DE DISCAPACIDAD	EXTREMIDAD AFECTADA	PERMISO DE CONDUCIR Y FECHA DE EXPEDICIÓN	AYUDAS
P01	H	61	Pérdida de movilidad en la mano izquierda por debilidad muscular.	SUPERIORES	Sí - B1 1974	N.E*
P02	H	55	Pérdida de movilidad parte izquierda del cuerpo debido a un ictus.	INFERIOR DERECHA	Sí - B1 1980	N.E*
P03	H	55	Parálisis en ambas piernas	INFERIORES	Si - B1 1982	01,01; 10,12; 30,11
P04	H	40	Lesión medular C6. Debilidad muscular en ambas piernas	INFERIORES	Sí - B1 2013	05.04 - 100 KM/H; 70,87 101601PL;
P05	H	39	Neuromuscular. Debilidad global en ambos brazos. Debilidad muscular severa en ambas piernas.	SUPERIORES INFERIORES	No -	
P06	H	35	Esclerosis múltiple.	SUPERIORES INFERIORES	Sí - B1 2001	05.04 - 100 KM/H – T.A
P07	H	27	Espina bífida.	INFERIORES	No -	
P08	M	23	Distrofia muscular en pie izquierdo. Parálisis severa de la pierna por rotura de tibia y peroné izquierda.	INFERIORES	Sí - B1 2013	
P09	H	22	Distrofia muscular en pie izquierdo. Parálisis en pierna derecha.	INFERIORES	No -	
P10	H	22	Tendinitis aguda en la articulación de la rodilla	INFERIORES	Sí - B1 2016	

Nota. Se muestran los datos referentes a sexo, edad, tipo de problema de movilidad y condiciones del permiso de conducir. En la columna de Sexo se ha anotado M en caso de que sea mujer y H si es hombre. N.E* (No especificado).

Antes de comenzar las experiencias se vio adecuado recordar algunas pautas de comportamiento a tener en cuenta con el trato de estas personas y que tuvimos siempre presente teniéndole especial cuidado. Pues en definitiva el trato humano es una cuestión ética, de educación y por supuesto, de respeto.

Son personas que desean que se les trate como iguales. Es importante hablar directamente con ellas y no con su acompañante, es a esa persona a la que te estás dirigiendo. Al mismo tiempo no es preciso medir palabra por palabra, pero a menudo en la sociedad se utilizan términos agraviantes sin conocimiento. Pensar que la discapacidad no es una incapacidad. Por lo que es aconsejable documentarse sobre los términos correctos y no ofensivos. No hay que subestimar ni prejuizar a personas con discapacidad. Se ha de dejar que ellas por sí mismas hagan todo lo que puedan hacer. Preguntar antes de ayudar, sin dar por sentado que la necesitan y cómo hacerlo, dejar que ellas marquen el ritmo.

En el laboratorio junto con personas con problemas de movilidad, reducir el paso y ajustarlo al suyo, no presentar prisas en las pruebas ni en la realización del test. Transmitirles un ambiente distendido y relajado para evitar que se agobien sin perder de vista los objetivos. Facilitarles el paso, abrir puertas, evitar obstáculos, etc. En compañía de una persona usuaria de silla de ruedas, siempre que sea posible, sitúate de frente y a su misma altura (Ribes Pérez, R., 2012).

2.2 Definición de la herramienta

2.2.1 Simulador SE²RCO

La herramienta empleada para las pruebas prácticas, es el simulador de conducción SE²RCO. El acrónimo SE²RCO proviene de “Simulador para la evaluación, entrenamiento y rehabilitación de conductores”. Es el resultado del proyecto de investigación “Diseño y desarrollo de un evaluador experimental para la valoración de la capacidad física y sensorial de conductores”, financiado por el Instituto de la Pequeña y Mediana Industria de la Generalidad Valenciana (IMPIVA) en 2009 con la participación del IDF. El simulador SE²RCO es modular y portátil, y proporciona al personal técnico evaluador la toma, registro y análisis de los datos obtenidos durante el proceso de evaluación de conductores.



Figura 3. Vistas generales del Simulador SE²RCO. [Fotografía de Marta M. Botella]. (CTI – LAUPV, 2017).

2.2.2 Hardware

El simulador SE²RCO dispone de dos módulos de menos de 2 m², equipados con ruedas para su transporte, que constan de frenos manuales para impedir su desplazamiento. Uno de los módulos aguanta el peso de los equipos de computación, que van ocultos en una carcasa hecha de perfiles de aluminio para que su transporte sea más ligero, y los tres monitores. El segundo, está provisto de una plataforma equipada con un asiento regulable y abatible, similar al de un vehículo convencional. Éste mismo se puede retirar y dejar espacio en caso de que el individuo que realice la prueba haga uso de una silla de ruedas (IDF, 2016). No obstante, esta opción, aunque se barajó durante el proceso, finalmente no estuvo disponible siendo la utilización del asiento la única alternativa para realizar las pruebas.

El equipo de simulación está diseñado de manera que se puedan instalar en él diferentes ayudas técnicas para que se adecuen a las particularidades de cada PMR. De éstas adaptaciones de mandos se hablará más adelante.

2.2.2.1 Estructura del simulador

La estructura del simulador se conforma por tres módulos principales, a saber: estructura de conducción, hardware de simulación y el ordenador de control (IDF, 2016).

- Estructura de conducción

Es la parte física del simulador que emula el habitáculo de un vehículo real. Tiene los elementos esenciales de un automóvil, asiento, volante, pedales, palanca de cambio de marchas, freno de mano, etc. Además, cuenta con unos brazos telescópicos acoplados donde se pueden incorporar distintas ayudas técnicas, con altura regulable para adaptarse a cualquier individuo. También forman parte de la estructura el sistema audiovisual de triple monitor (tres pantallas) y la tarjeta de adquisición de datos. La estructura está formada por:

- Pantalla panorámica de 1.80x0.34 metros útiles. Angulo de visión de 120º. Triple pantalla LG FLATRON M2794D, 27" 1920 x 1080 puntos cada una.
- Sistema de Sonido Estéreo.
- Sensorización de desplazamientos en los tres pedales (embrague, freno y acelerador).
- Sensorización de fuerza aplicada sobre el pedal del freno.
- Sensorización de la rotación y par aplicado sobre del volante.
- Logitech G25 Racing Wheel

- Hardware de simulación

Es el equipo encargado de adquirir e interpretar las señales de control de los elementos de la estructura de conducción (volante, pedales, palancas, joysticks, etc.). Así mismo, es el responsable de que el sistema audiovisual sea capaz de reproducir la imagen y el sonido de las pruebas que realice el usuario. De manera que posee un gran poder de procesamiento y potencia gráfica. Las especificaciones técnicas son:

- Placa base ASUS P5Q3.
- Procesador Intel Core 2 Quad CPU Q9400 a 2.66GHz.
- Memoria RAM 4GB DDR3.
- Tarjeta gráfica NVIDIA 950 GTX 2GB DDR5.
- Disco SSD KINGSTON SV300 128GB.
- Punto de acceso TP-LINK TL-WN822N, USB 2.0, IEEE 802.11 b/g/n.

- El ordenador de control

El control remoto del software de simulación es llevado a cabo por el ordenador de control gracias a un punto de acceso WiFi que gestiona una red Ad-Hoc facilitando la toma de datos al evaluador. De ésta manera y dependiendo de cada prueba, el ordenador envía las órdenes al simulador en cada sesión de evaluación.

Con las siguientes especificaciones técnicas (IDF, 2016):

- Tablet PC Toshiba PORTEGE M750-14W.
- Procesador Intel Core 2 Dúo T5870.
- Memoria RAM 3GB DDR2.
- Pantalla WXGA de 12.1".
- Lápiz pantalla táctil.

2.2.2.2 Ayudas técnicas convencionales incorporadas al simulador SE²RCO

El simulador SE²RCO está acondicionado para poder instalar en el mismo diferentes tipos de ayudas que facilitan la conducción de aquellos conductores con movilidad reducida. De todas las posibles adaptaciones que existen en el mercado, para la realización de este trabajo, se han escogido las que se describen a continuación:

- Palanca de Freno.

Esta adaptación no es más que un mecanismo de palanca incorporada al pedal del freno directamente. Es ajustable, respondiendo a las capacidades de cada usuario. Dependiendo de la palanca empleada puede ser utilizado con sólo una función, como freno o bien como freno y acelerador simultáneamente. En este trabajo sólo se utiliza la función de freno, como se puede ver en la figura 4. Generalmente esta ayuda se suele instalar en vehículos automáticos al estar situada a la derecha (lado del pedal de freno) impidiendo hacer el cambio de marcha. Han de regresar a la posición inicial automáticamente y en el mismo tiempo.



Figura 4. Adaptación palanca de freno. [Fotografía de Marta M. Botella]. (CTI – LAUPV, 2017).

- Empuñadura de tetraplejía y pomos en el volante.

Estos dispositivos suponen la ayuda más sencilla para accionar el volante de dirección. Montados en el volante, permiten girarlo con una sola extremidad. Generalmente están fabricados con empuñadura de polietileno, bronce o aluminio. Este tipo de adaptación pivota con suavidad al girar el volante de dirección sobre el soporte en el que va montada. Se puede realizar el cambio para una mano u otra sin ninguna complicación y poner o quitar sin que el soporte genere ninguna interferencia en la conducción normal.



Figura 5. Adaptaciones de pomos (Izquierda tetraplejía, derecha simple). [Fotografía de Marta M. Botella]. (CTI – LAUPV, 2017).



Figura 6. Adaptación e instalación de pomos tetraplejía y simple en el volante. [Fotografía de Marta M. Botella]. (CTI – LAUPV, 2017).

- Joystick de aceleración y frenado.

Esta ayuda de joystick de dos vías perpendiculares sencillo, se ha instalado para suplir el sistema de aceleración para personas con movilidad reducida que no puedan emplear el pedal. Está instalado de manera que consta de tres posiciones 1, 0 y -1. Las cuales responden a frenado, estático y aceleración respectivamente. Sólo se hará uso de esta adaptación en caso de que el usuario que realice la prueba tenga problemas de movilidad que le impidan hacer uso del pedal de aceleración.

Las exigencias mínimas a las que están expuestas este tipo de adaptaciones se resumen en que al ser instaladas no deben entorpecer ninguna de las maniobras normales de conducción y que, tampoco deben ejercer mayor resistencia que los mandos a los que reemplazan.

De todas las adaptaciones de mandos descritas anteriormente, se ha de recalcar que, en el mercado, se fabrican a medida del consumidor respondiendo a sus especificaciones personalizadas. Por ejemplo, se puede emplear el material del pomo de agarre que más cómodo le resulte, o ajustar la forma de la palanca de freno para que no interfiera en la propia conducción de manera negativa.

2.2.3 Software

El software implementado en el simulador utilizado consta de dos partes: un software de simulación y otro de control.

El software de simulación es el encargado de varios cometidos al mismo tiempo. En primer lugar, es el responsable de gestionar el entorno visual del sujeto. Ejecuta el comportamiento dinámico de vehículos y los recursos audiovisuales que proporcionan al usuario la realidad virtual simulada. Además, procesa los datos generados en las diferentes pruebas con cada mando adaptativo utilizado, mientras que atiende las acciones del software de control.

El software de control está diseñado para ser utilizado por el evaluador. Éste programa le permite al evaluador controlar el software de simulación de forma remota mediante un ordenador portátil o Tablet y una red AdHoc WiFi. Manda las órdenes y permite evaluar las capacidades residuales de conducción del mismo usuario. Está organizado de modo que las pruebas se imparten en sesiones diferenciadas, siendo posible repetir la misma prueba periódicamente por el mismo usuario si fuera necesario, para conseguir los objetivos de la misma.

Ambos precisan de un sistema operativo Microsoft Windows 7 o posterior. Así mismo el software de simulación requiere de Visual C++ Redistributable for Visual Studio 2015 y DirectX End-User Runtimes. A continuación, se presenta la secuencia de encendido y apagado, y que es necesaria para establecer la relación entre ambos sistemas, control y simulación (IDF, 2016).

2.2.3.1 Arranque y apagado del sistema

Para el correcto funcionamiento del simulador, será necesario seguir la secuencia de encendido de forma precisa. De lo contrario, algunas de las acciones de los componentes del sistema podrían dar error o no responder de manera adecuada. Así mismo, señalar que todos los programas necesarios para poner en marcha la herramienta de simulación se sitúan en el mismo escritorio de ambos ordenadores.

Para empezar, será necesario verificar la toma de corriente del sistema simulador y que el ordenador de control tiene suficiente batería. Al encender el ordenador de simulación es importante que el volante de dirección no tenga instalada ninguna adaptación de pomo ni ninguna otra. Esto es debido a que en el arranque el mando del volante dará vueltas para calibrarse correctamente, y si tiene algún peso adicional, esta calibración no la hará correctamente.

Se encenderán a continuación sendos ordenadores. Seguidamente, se iniciarán la Red Adhoc, Input y Main Program, los tres localizados con acceso directo en el escritorio del sistema simulador.

Una vez hecho esto, y habiendo comprobado que el ordenador de control está conectado a la Red AdHoc "SE2RCO" ya se podrán ejecutar los demás programas. La Red Adhoc es la encargada de establecer la conexión entre ambos ordenadores para que el ordenador de control envíe las señales de las pruebas pertinentes al simulador. Para que esta conexión trabaje correctamente, una vez iniciada debe mostrar el siguiente código en la ventana "AdHocNet".

Main Program, hace posible que el ordenador de simulación pueda presentar en pantalla las pruebas que le manda el ordenador de control. En este caso, es importante que la ventana del programa MAIN, devuelva "Waiting client...", que comunica que el programa está listo para recibir las instrucciones del programa de control.

Por último, el programa Input. Con él que se calibrarán todos los comandos del simulador, volante de dirección, pedales y palanca de freno y adaptaciones de Joysticks. Al iniciar dicho programa se abrirán dos ventanas. La primera es similar a las dos anteriores y con ella informa de qué mandos se han inicializado. En la segunda pantalla muestra la calibración de los mismos, sus funciones y el rango de las mismas. No se podrá continuar con las pruebas en el simulador si estas pantallas no muestran esta información, ya que esto significará que los mandos están mal instalados o han dado algún error.

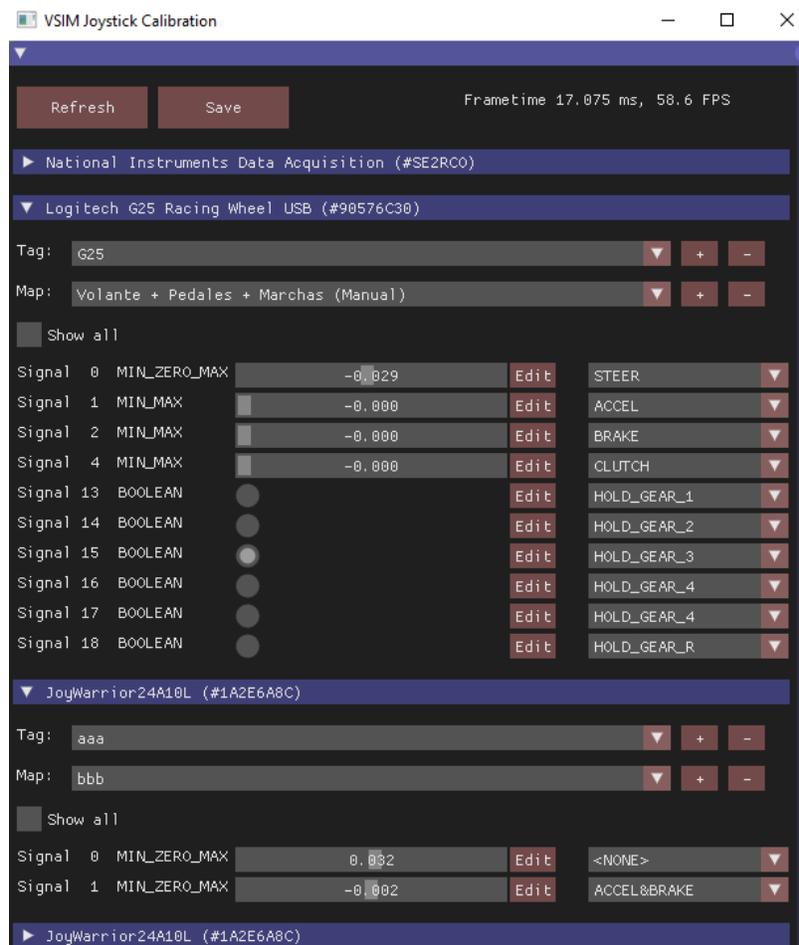


Figura 7. Ventana VSM de calibración de las adaptaciones instaladas en el simulador SE2RCO. [Recorte de pantalla del Sistema de Simulación de Marta M. Botella]. (CTI – LAUPV, 2017).

Con todas las conexiones correctamente inicializadas, se podrá pasar a ejecutar el programa Control3, situado en el escritorio del ordenador de control.

2.2.3.2 Ventana de control

Al iniciar el software de control, se pregunta en una primera instancia sobre los datos del usuario los cuales quedan registrados. Si el usuario ha realizado antes las pruebas, bastará con buscar su nombre en la base de datos. Si por el contrario es la primera vez, se le dará de alta haciendo click en “Agregar” y rellenando los datos que solicita según dicta la figura 5. Si se registrasen datos anómalos, se tuviera que repetir alguna prueba, etc. tan sólo sería necesario el nombre o DNI del sujeto en cuestión.

Figura 8. Pantalla de inicio al Software de Control (Control3) – [Imagen del Manual de Usuario del SGC SE2RCO] (IDF, 2016)

Figura 9. Pantalla de alta de usuario Control3 – [Imagen del Manual de Usuario del SGC SE²RCO] (IDF, 2016)

Seguidamente, se pasa a seleccionar el tipo de prueba que se va a realizar. En pantalla la ventana mostrará la barra de herramientas con tres paneles diferenciados como en la figura 10, a saber:

- Panel con los datos del sujeto, marcado en amarillo. Permite modificar o añadir los datos relevantes sobre el usuario seleccionado como el grado de discapacidad, posesión del permiso de conducir, datos médicos o notas.
- Panel de sesiones. Situado debajo a la izquierda del panel del sujeto, marcado en la imagen en color violeta. En esta sección se encuentran la lista de sesiones empezadas por el sujeto en cuestión. La ventaja principal de la división en secciones es que no dependen del día o la hora concretos en que se realizaron las pruebas, unificándose así en sesiones independientes al gusto del evaluador. Este panel, además, proporciona al usuario una lista de adaptaciones que se ajustan a su discapacidad y que puede consultar en vistas a conducción real.
- Panel de pruebas. Es el panel a la derecha del de sesiones, marcado en color verde. Este cuadro indica la prueba, el tipo y la fecha en que se realizó.

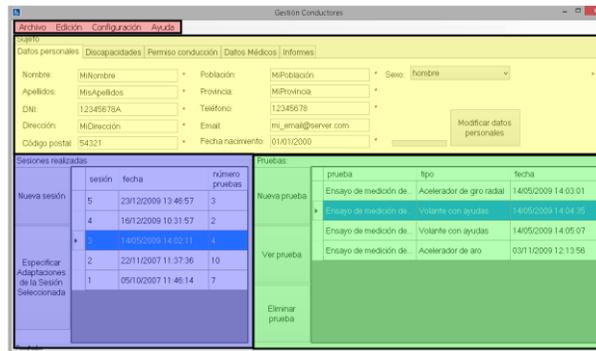


Figura 10. Ventana principal Control3 de Gestión de Conductores – [Imagen del Manual de Usuario del SGC SE²RCO] (IDF, 2016)

2.3 Protocolo de evaluación de la capacidad de conducción de un evaluador experimental

Tras el paso por el CRC, un aspirante a conductor acude a la evaluación experimental. A la hora de evaluar las capacidades residuales de un conductor con movilidad reducida mediante una herramienta experimental, se requiere la aplicación de un determinado protocolo de actuación. Este protocolo interno de pruebas ha de permitir, no solo el cumplimiento de la legislación, sino también la medición de las capacidades de accionamiento y movilidad de los diferentes mandos adaptados (Dols, J.F., 2015). Se exponen a continuación en la tabla 3 las distintas fases del protocolo de evaluación, marcando aquellas que se han contemplado y se han tenido en cuenta para la optimización del mismo.

Tabla 3. Secuencia de las fases del procedimiento de evaluación de la capacidad de conducción de usuarios con discapacidad que van a conducir con ayudas técnicas.

Fase I. Evaluación Inicial	Anamnesis del conductor Acceso al puesto de conducción Ajuste del cinturón de seguridad Ajuste del puesto de conducción (asiento, reposabrazos, etc.)
Fase II. Evaluación de la capacidad de sujeción del mando	Determinación del tipo de órtesis/productos de apoyo para sujetar el mando Determinación del rango de movilidad de los productos de apoyo Determinación de la ubicación espacial de los productos de apoyo Determinación de la capacidad residual de la transmisión de esfuerzos
Fase III. Evaluación de la capacidad de accionamiento del mando	Comportamiento en frenado Conducción entre obstáculos Conducción en curvas Evasión de obstáculos Medición de la capacidad de reacción estática Coordinación de los movimientos
Fase IV. Evaluación de la capacidad de conducción dinámica.	Conducción simulada en entornos urbanos, interurbanos y autopistas Medición de la capacidad de reacción dinámica Informe Final de la Evaluación

Nota. La tabla muestra marcadas las fases del procedimiento que se evaluarán en este TFG. Recuperado del Manual descriptivo del protocolo de evaluación de conductores con discapacidad motora utilizado en España. (Dols, J.F., 2015)

2.3.1 Fase II. Evaluación de la capacidad de sujeción del mando.

Es la segunda etapa del procedimiento, analiza la capacidad del sujeto para poder sujetar los diferentes mandos y tipos de ayudas, así como la medición del rango de movilidad de los mismos. Las comprobaciones que se analizarán en el presente estudio serán la determinación del rango de movilidad y la capacidad residual de accionamiento y transmisión de esfuerzos, de los mandos de frenado.

2.3.2 Fase III. Evaluación de la capacidad de accionamiento de los mandos

El objetivo de esta tercera fase es la comprobación de la capacidad funcional del accionamiento de los mandos adaptados durante la conducción. Se lleva a cabo mediante la realización de determinadas maniobras de conducción. Particularmente se analizará el comportamiento en el frenado, la medición de tiempos de respuesta estáticos ante eventos inesperados y coordinación de movimientos en la salida de pendiente ascendente.

2.4 Método de evaluación

2.4.1 Ensayos prácticos

Con el fin de conseguir los objetivos establecidos y optimar el procedimiento de evaluación, se han escogido una serie de pruebas específicas a realizar por los usuarios referentes a las fases del protocolo de evaluación de la capacidad de conducción en un evaluador experimental. Dichos ensayos no barajan demasiada complejidad, son bastante intuitivos y cada uno de ellos mide una magnitud concreta. Esto que permite al analista conseguir resultados transparentes y concisos sobre la validez del experimento de forma sencilla, evitando confusiones con otros aspectos que afectan a la conducción.

Las pruebas realizadas están destinadas a la facultad del frenado en diferentes aspectos de la conducción, orientadas a medir distintas facultades. Se describen a continuación los diferentes ensayos estudiados.

2.4.1.1 Pruebas de frenado estático.

Mediante este ejercicio se mide tanto en la palanca como en el pedal de freno, la magnitud fuerza de frenado estática y prolongada. Se comprobará el rango de movilidad que es capaz de desarrollar el usuario y la fuerza aplicada sobre el mando de frenado que utilice.



Figura 11. Prueba del rango de movilidad del freno. [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).

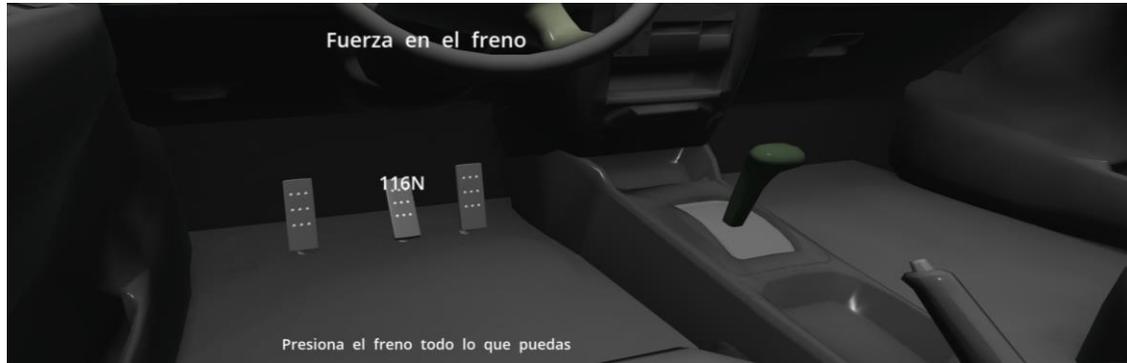


Figura 12. Prueba de fuerza de frenado [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).

Mediante estas pruebas se analiza el rango de movilidad referente a la fase II y el comportamiento en frenado de la fase III del Protocolo de Evaluación.

2.4.1.2 Pruebas de tiempos de reacción.

Con esta prueba se obtiene información sobre los tiempos de reacción durante la conducción con el programa de evaluación de conductores. Se harán dos tipos de ensayos muy similares para medir los tiempos.

La primera prueba, con el pie preparado en el pedal de freno o bien la mano preparada en la palanca de freno. El usuario esperará a que la luz verde que aparece en pantalla cambie a color rojo para frenar el vehículo.



Figura 13. Prueba de tiempo de reacción con el pie preparado en el freno. [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).

En segundo lugar, se procederá exactamente igual pero esta vez durante la conducción, acelerando, esperando al cambio de luces.



Figura 14. Prueba tiempo de reacción mientras se está acelerando. [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).

En estas pruebas se miden las capacidades de reacción estática, referentes a la fase III del Protocolo de Evaluación.

2.4.1.3 Pruebas de conducción y frenado.

Esta última prueba combina las pruebas de frenado y tiempos de reacción. En ella el usuario está en un entorno virtual semejante a la conducción real. Además, se estudian los desplazamientos que el vehículo recorre en determinadas circunstancias de frenado, tanto en el sentido de la dirección como lateralmente. En este caso, durante la conducción, prueba de frenado brusco conduciendo en uno de los ejercicios del programa de evaluación. Se harán dos pruebas de este estilo.

En primer lugar, prueba de conducción en rampa con un 10% de pendiente. Se deberá avanzar hasta la marca de Stop que se encuentra en la calzada y reanudar la marcha, cuando el programa lo solicite una vez parado completamente el vehículo. La finalidad de esta prueba de frenada es comprobar que el usuario es capaz de superar la situación de parada en rampa.



Figura 15. Prueba de rampa con 10% de pendiente. [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).

Por último, se hará la prueba de distancia de frenada. Este ejercicio consiste en conducir en una recta hasta alcanzar los 100Km/h hasta llegar a la marca de Stop, también situada en el suelo. Al pasar la marca, se ha de frenar el vehículo hasta que esté totalmente parado. Se medirán, la distancia recorrida hasta detener el vehículo desde el comienzo de la frenada, así como el tiempo empleado, la velocidad alcanzada y el desplazamiento lateral.



Figura 16. Prueba de distancia de frenado. [Fotografía de Marta M. Botella] (CTI – LAUPV 2017).

En esta tercera parte se analizan el comportamiento en frenado de la fase III, así como la coordinación de movimientos.

2.4.2 Cuestionario

La tercera parte, complementaria al estudio, ha consistido en un cuestionario completado después de hacer los diferentes ensayos y que recoge la opinión de los voluntarios. Con ello se pretenden conocer los problemas que el evaluador no concibe, con la finalidad de obtener el punto de vista del usuario sobre la dinámica del protocolo de conducción.

Se han tratado temas como el grupo de edad al que se pertenece, si el usuario tiene o no carnet de conducir y si esto influye en su utilización o el tipo de discapacidades motoras que presentan los usuarios. La tendencia al mareo al conducir con efectos visuales y la frecuencia de sufrir náuseas u otro tipo de problemas que afectan a la cognición, también están contemplados en las preguntas para conocer la afección del “Simulator Sickness” (Aykent, B., Yang, Z., et al., 2014), Además, si ha evaluado el nivel de satisfacción viendo si el sistema cumple las expectativas de los interesados.

Los usuarios podían realizar la encuesta en las tablets, Huawei o iPad. No obstante, gracias a la versatilidad de la herramienta utilizada, Google Forms, podían acceder con su propio Smartphone al cuestionario para mayor comodidad.

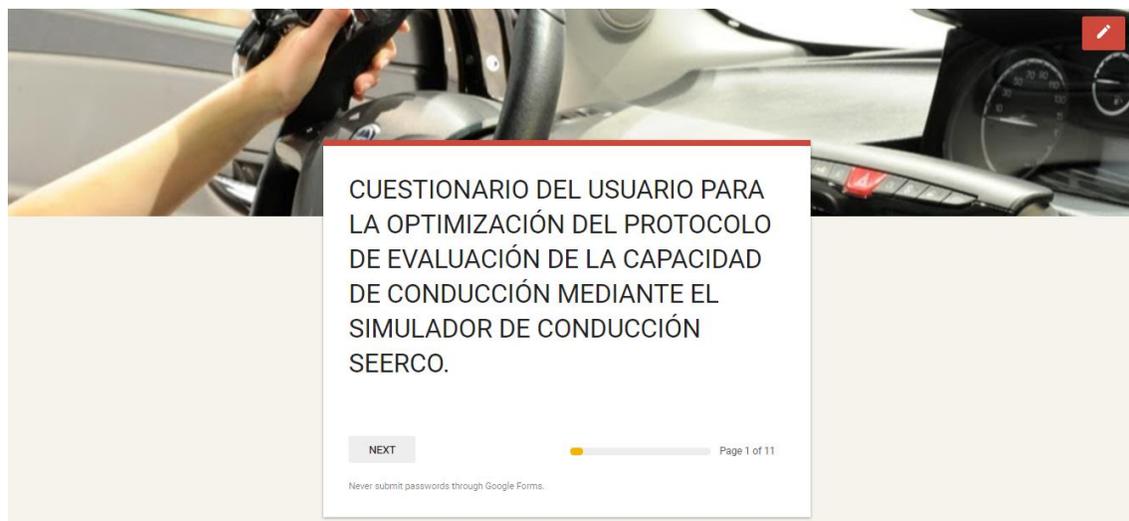


Figura 17. Cuestionario del usuario. [Fotografía de Marta M. Botella] (Botella, M.M. y Alonso, A.M., 2017).

2.4.3 Análisis estadístico.

Para en estudio analítico de las pruebas realizadas emplearemos la estadística. Gracias a esta ciencia, podemos recoger, analizar e interpretar los datos obtenidos en un experimento, para convertirlos en información, de manera que nos sirva para tomar decisiones (Carot Sánchez, M.T., Clemente Marín, G. y Sanz Juan, J.M. , 2013). Así pues, el uso de esta herramienta permitirá observar la variación y dependencia de las dos poblaciones, PMR y personas sin problemas de movilidad, a partir de las dos muestras.

La metodología estadística aplicada en este estudio será el Test de Hipótesis, que sirve para observar la inferencia en poblaciones normales (Carot Sánchez, M.T., Clemente Marín, G. y Sanz Juan, J.M. , 2013). Tal y como han sido tomadas las muestras, éstas provienen de grupos independientes, pues los datos se han obtenido de distintos individuos. Por tanto, realizaremos contrastes de hipótesis de muestras independientes.

Todos los análisis estadísticos estudiados en este trabajo, se elaborarán mediante el programa informático Statgraphics. Esta potente herramienta combina una amplia gama de procedimientos analíticos con gráficos interactivos (Statgraphics, 2017).

2.4.3.1 Test de hipótesis

Una hipótesis es una afirmación acerca de algo bajo la cual estudiamos los datos y su comportamiento. Si no hay mucha discrepancia entre lo observado y lo esperado, aceptamos tal afirmación, o al menos decimos que no hay suficiente evidencia como para rechazar la hipótesis establecida (Carot Sánchez, M.T., Clemente Marín, G. y Sanz Juan, J.M. , 2013) . En consecuencia, en los test de hipótesis se plantea el problema como la toma de una de dos decisiones siguientes, aceptar o no aceptar la hipótesis planteada. A la afirmación de la hipótesis que realizamos la llamamos “hipótesis nula”; y a la contraria “hipótesis alternativa”.

Bajo el supuesto de que se cumple la hipótesis nula, se trata un estadístico “T”, función de la muestra, que seguirá un determinado tipo de distribución, y por lo tanto será muy probable que el valor observado esté dentro del campo de existencia de la distribución T. Si por el contrario el valor observado cae fuera del intervalo esperado, esto contradice la hipótesis nula y lleva a rechazarla.

2.4.3.2 Nivel de Significancia y p-valor.

Al practicar la prueba de hipótesis, a partir de una muestra, se pueden cometer errores bajo el supuesto de aceptar como válida la hipótesis nula. Rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera, es el error conocido como Tipo I, error de primera especie (Carot Sánchez, M.T., Clemente Marín, G. y Sanz Juan, J.M. , 2013) nivel alfa (α). Esto equivale a la probabilidad de un resultado erróneo. El valor de este error lo establece el investigador, él decide el porcentaje de error que va a admitir, siendo comúnmente $\alpha=5\%$.

Por otro lado, está el p-valor, el valor de probabilidad de los resultados. Mide la probabilidad de que una diferencia entre los grupos del experimento haya sucedido por casualidad (Mueses, 2008). Dicho de otro modo, un valor P del 0,1, significará que hay 1 entre 100 oportunidades de que el resultado haya ocurrido por casualidad. El p-valor viene dado por el estadístico utilizado y se calcula a partir de los datos de la muestra.

Ahora bien, en la toma de decisiones y la interpretación de resultados en el test de hipótesis se procede de la siguiente manera. En el caso de rechazar la hipótesis nula, significa que hay una probabilidad menor que α , de que el resultado sea atribuible al azar. O, dicho de otro modo, una certeza del $(1-\alpha)$ de que el resultado sea verdadero (Mueses, 2008).

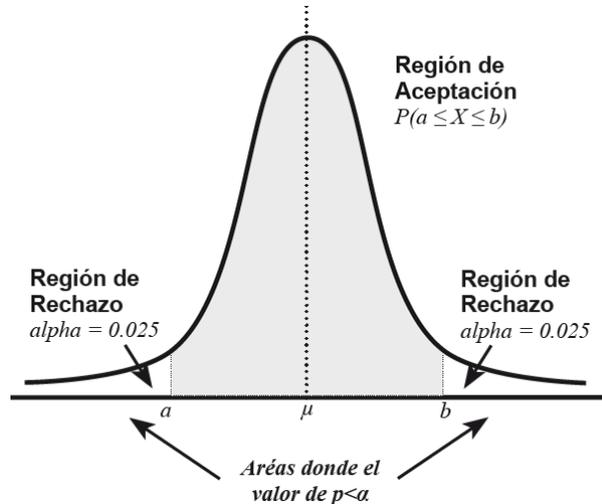


Figura 18. Región de rechazo y aceptación de la hipótesis nula en la distribución normal para dos colas – [Diferencias entre el nivel de significancia y el P-Valor] (Mueses, 2008)

En la Figura 18. se puede observar la curva de la distribución normal, en la que ha dos pequeñas colas que son definidas como la región de rechazo y limitada por α . Es en ésta región donde se acepta la hipótesis alternativa y por tanto se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, la hipótesis nula, se rechaza cuando el p-valor calculado, es inferior al valor α establecido por el investigador.

2.4.3.3 Selección del estadístico.

Para contrastar la hipótesis nula de que dos medias poblacionales coinciden, podemos emplear la t de Student para muestras independientes. Esta es la distribución de referencia para la media muestral cuando se muestrea de una población normal con varianza desconocida (Distribuciones de Probabilidad, s.f.). No obstante, cuando se quiere considerar un estudio a diferentes niveles, y tener que hacer mayor número de contrastes, el problema de éste método es doble. Requiere mayor esfuerzo computacional, y en consecuencia, aumenta el error de tipo I. El uso de las técnicas ANOVA nos permiten eludir ambos problemas (Terrádez, M. y Juan, A.A., 2003) y poder identificar otros factores influyentes que a priori se podrían estar pasando por alto.

Para poder aplicar la prueba ANOVA, es necesario que se den los siguientes supuestos (Carot Sánchez, M.T., Clemente Marín, G. y Sanz Juan, J.M. , 2013):

- Que los residuos estén normalmente distribuidos con media igual a cero.
- Que los residuos sean homocedásticos, es decir, que muestren varianza constante.
- Que los residuos estén incorrelacionados.

Si por el contrario no se cumpliesen, se utiliza la prueba U de Mann-Whitney, equivalente no paramétrico de la prueba t (Universidad Complutense de Madrid, 2017). Este test combina las dos muestras, ordenando los datos de menor a mayor y compara los rangos promedio de las dos muestras en los datos combinados. Para aquellas muestras de tipo binomial que adoptan sólo dos valores, 0 o 1, fallo o acierto, se hará un test de hipótesis de proporciones binomiales. Para ello basta conocer la proporción ($P = \text{éxitos}/n$).

3. RESULTADOS

Para todos los casos de estudio se plantea la misma hipótesis nula a efectos prácticos, que no existen diferencias entre los resultados del grupo de control y los del grupo experimental, sea cual sea el parámetro analizado en cada prueba. Y, por ende, que el protocolo de evaluación es válido para la evaluación de cualquier tipo de conductores dejando al descubierto sus puntos débiles.

3.1 Análisis estadístico de las pruebas de frenado estático

3.1.1 Rango de movilidad de los mandos de frenado

La primera prueba a realizar por cualquier usuario es la de rango de movilidad del mando, pues ésta prueba determinará su condición de capacidad para desarrollar todas las demás. A pesar de que el sujeto pueda obtener diferentes valores comprendidos entre [0-100] por la naturaleza de los resultados, sólo se tomará como éxito aquellos que hayan alcanzado el 100% de movilidad. Así pues, se interpretará la muestra como binomial y se analizará mediante un breve test de hipótesis. Además, esta interpretación permitirá identificar la relevancia de algún dato anómalo puntual.

Tabla 4. Resultados obtenidos de las pruebas de rango de movilidad del mando del freno.

RANGO DE MOVILIDAD (%)			
GRUPO DE CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL	
U01	100	P01	100
U02	100	P02	100
U03	100	P03	100
U04	100	P04	100
U05	100	P05	91,406
U06	100	P06	100
U07	100	P07	100
U08	100	P08	100
U09	100	P09	100
U10	100	P10	100
U11	100		
U12	100		
U13	100		
U14	100		
U15	100		
U16	100		
U17	100		
U18	100		
U19	100		
U20	100		

Nota. Se aprecia que únicamente se tiene un dato distinto de 100 y que por tanto se interpreta como si se tienen dos tipos de datos únicamente.

1. Test de Hipótesis de dos muestras proporcionales binomiales

Tabla 5. Datos de las dos muestras de proporciones binomiales para el rango de movilidad.

MUESTRA 1 (PMR)		MUESTRA 2 (NO PMR)	
n	10	n	20
P=(Éxitos/n)	0,9	P=(Éxitos/n)	0,967

Test de hipótesis para comparación de proporciones:

$$H_0: P_{PMR} = P_{NO PMR}$$

$$H_1: P_{PMR} \neq P_{NO PMR}$$

Tabla 6. Resultados del Test de Hipótesis de proporciones binomiales para el rango de movilidad.

Intervalos de confianza 95% [-0,285939;0,0859389]	
Z=-1,43839	p-valor=0,150323

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$, concluyendo que no hay diferencias significativas entre los dos grupos (control y experimental) en cuanto al rango de movilidad de los mandos de frenado.

$$\alpha = 0.05 < p \text{ valor} = 0,1503$$

3.1.2 Fuerza sobre el pedal de freno

Tabla 7. Resultados obtenidos de las pruebas de fuerza sobre el pedal de freno.

FUERZA (N)			
GRUPO DE CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL	
U01	192,365	P01	263,346
U02	110,84	P02	239,566
U03	30,799	P03	
U04	114,705	P04	
U05	220,866	P05	1,277
U06	223,969	P06	71,918
U07	195,468	P07	80,311
U08	229,408	P08	121,178
U09	231,249	P09	
U10	209,386	P10	132,577
U11	96,116		
U12	209,474		
U13	191,335		
U14	68,8		
U15	80,401		
U16	137,634		
U17	60,164		
U18	41,078		
U19	296,375		
U20	124,671		

1. Análisis de la variable.

Tabla 8. Resumen Estadístico para la variable Fuerza sobre el pedal de freno.

Recuento	27
Promedio	147,232
Desviación Estándar	79,5147
Coefficiente de Variación	54,0063%
Mínimo	1,277
Máximo	296,375
Rango	295,098
Sesgo Estandarizado	0,0243722
Curtosis Estandarizada	-1,14895

El sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada pertenecen al intervalo $[-2, +2]$ de condición de normalidad. No obstante, se observa una tendencia inesperada en la distribución estudiada. Como se puede ver en las figuras 19 y 20.

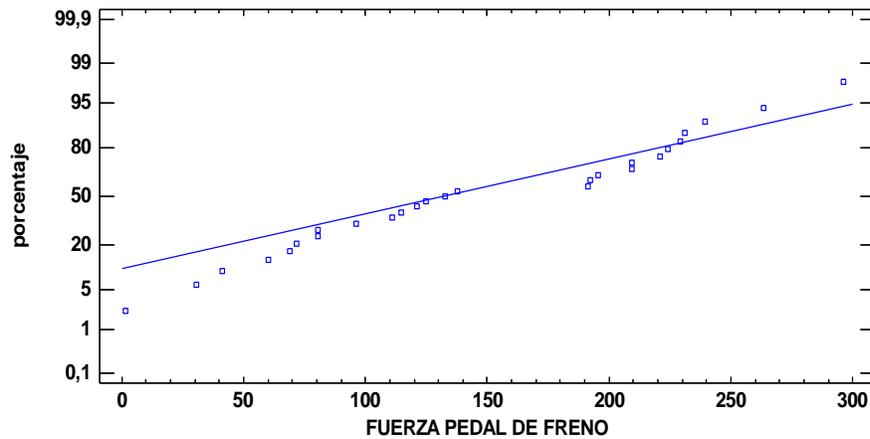


Figura 19. Gráfico de Probabilidad Normal de la variable Fuerza sobre el pedal de freno. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

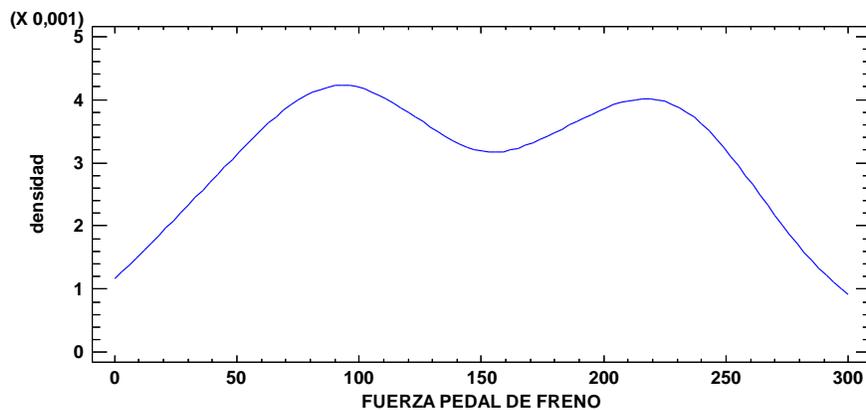


Figura 20. Gráfico de la densidad suavizada de la variable Fuerza en el pedal de freno. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

En el gráfico de probabilidad normal destacan dos nubes de puntos diferenciadas sobre la recta de mínimos cuadrados. Este hecho puede deberse a la existencia de dos poblaciones diferentes en ambas muestras. Por otro lado, viendo el gráfico de la densidad suavizada, pasa algo similar. La curva muestra dos montañas, sugiriendo la presencia de dos poblaciones distintas no identificadas a priori, por lo que nos reafirmamos en esta suposición.

A lo largo del periodo de pruebas en el laboratorio se dieron incontables problemas en relación al simulador SE²RCO. La herramienta tuvo que ser arreglada en varias ocasiones en intervalos de tiempo distintos, lo que suponía un recalibrado constante de la herramienta completa con cada arreglo y paralizaba las pruebas. En vista de los resultados, estos inconvenientes de algún modo diferenciaron un antes y un después en las pruebas de medición de la fuerza, separando dos poblaciones participantes.

Dicho esto, para el análisis de esta prueba, se tomará una de las dos poblaciones, la primera población que realizó el experimento. Bajo esta suposición los datos deberán ser más realistas por no estar sujetos a coacción, precedentes ni predicciones.

2. ANOVA Simple

En todos los casos se analizará el factor de problemas de movilidad (PMR). Como hemos dicho anteriormente, se contrasta la hipótesis nula (H_0) de que no haya diferencias significativas en los individuos de condición PMR y los que no lo sean, frente la hipótesis alternativa (H_1 , sí hay diferencias).

Para la variable en cuestión, fuerza aplicada en el pedal de freno, se aplica el siguiente test de hipótesis para la igualdad de medias:

$$H_0: \mu_{F_{PMR}} = \mu_{F_{NO\ PMR}}$$

$$H_1: \mu_{F_{PMR}} \neq \mu_{F_{NO\ PMR}}$$

Tabla 9. ANOVA para fuerza en el pedal de freno por PMR.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	7080,39	1	7080,39	1,80	0,2099
Intra grupos	39432,0	10	3943,2		
Total (Corr.)	46512,4	11			

- Condiciones los residuos.

Se admite aplicar la prueba de la ANOVA para esta muestra, pues se cumplen los supuestos necesarios para los residuos. Así, por ejemplo, se comprueba la normalidad de los residuos, cuya media se sitúa en torno a 0.

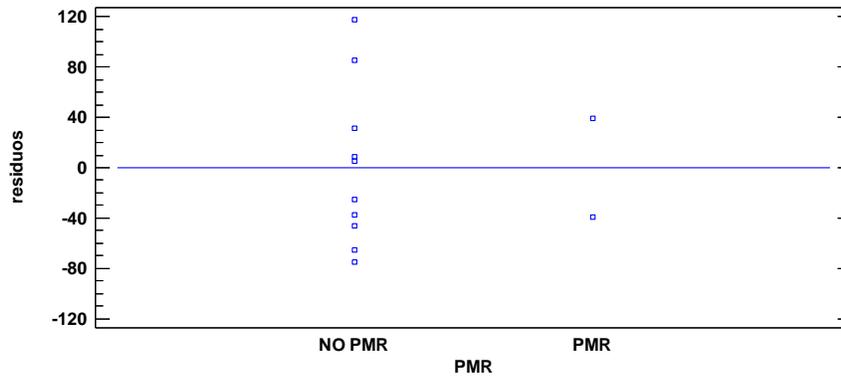


Figura 21. Gráfico de residuos de la variable Fuerza en el pedal de freno vs PMR. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

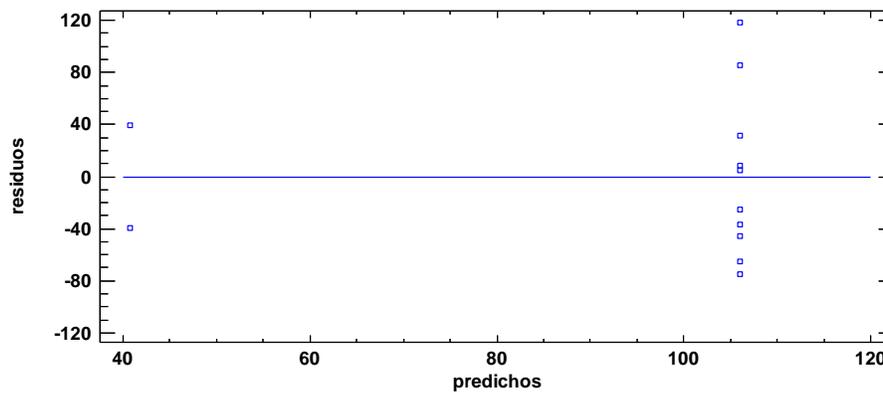


Figura 22. Gráfico de predichos de residuos de la variable Fuerza en el pedal de freno vs PMR. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

Como queda de manifiesto en la figura 22, la muestra presenta un cambio sistemático en las varianzas de los valores predichos creciente en forma de embudo, por lo que no se cumpliría la condición de homocedasticidad. Sin embargo, no se ha de pasar por alto que la muestra se ha limitado en exceso (<30).

Por esa razón se aplicará el Test de Levene para la verificación de la variabilidad de varianza con el siguiente test de hipótesis:

$$H_0: \sigma_{F_{PMR}} = \sigma_{F_{NO PMR}}$$

$$H_1: \sigma_{F_{PMR}} \neq \sigma_{F_{NO PMR}}$$

Tabla 10. Test de Levene para Verificación de Varianzas de la variable fuerza en el freno.

Prueba	Valor-P
Levene's	0,149899 0,706744

Puesto que el p-valor del estadístico de Levene es mayor que $\alpha=0.05$, no se rechaza la hipótesis nula de varianza constante. Por lo que se puede asumir condición de homocedasticidad de los residuos.

- ANOVA

Puesto que el p-valor de la razón-F empleada por el ANOVA, es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de la fuerza en el pedal de freno siendo una persona con movilidad reducida o no, con un nivel del 95% de confianza.

$$\alpha = 0.05 < p \text{ valor} = 0.2099$$

Igualmente, mediante el diagrama LSD de Fisher con un nivel de confianza del 95%, los resultados para ambas muestras se solapan y por tanto no existen diferencias significativas.

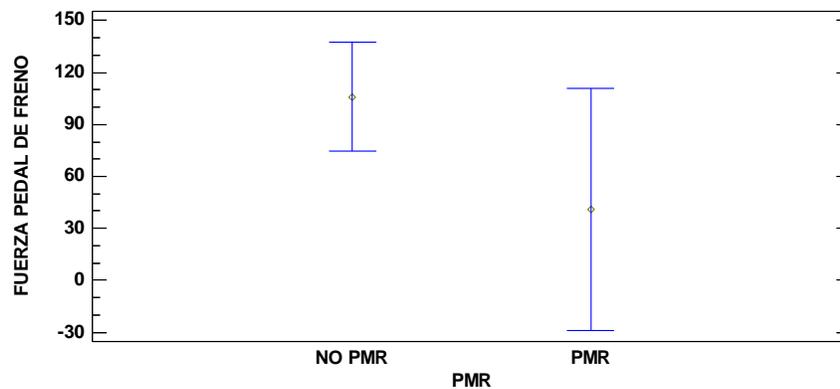


Figura 23. Gráfico de LSD de Fisher para la variable Fuerza en el pedal de freno vs. PMR [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

3.1.3 Fuerza con adaptación freno de palanca

Tabla 11. Resultados obtenidos de las pruebas de fuerza con adaptación freno de palanca.

FUERZA (N)			
GRUPO DE CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL	
U01	225,282	P01	258,125
U02	122,614	P02	237,555
U03	34,918	P03	ANÓMALO
U04	72,034	P04	118,029
U05	201,462	P05	1,185
U06	128,649	P06	217,543
U07	185,296	P07	140,889
U08	211,729	P08	183,294
U09	129,196	P09	198,4
U10	213,32	P10	109,244
U11	144,094		
U12	211,06		
U13	148,649		
U14	70,469		
U15	58,572		
U16	123,206		
U17	116,191		
U18	101,714		
U19	245,292		
U20	221,565		

1. Análisis de la variable

Tabla 12. Resumen Estadístico para la variable Fuerza con la palanca de freno.

Recuento	30
Promedio	150,617
Desviación Estándar	67,258
Coefficiente de Variación	44,6549%
Mínimo	1,185
Máximo	258,125
Rango	256,94
Sesgo Estandarizado	-0,649898
Curtosis Estandarizada	-0,808577

Interpretando los resultados obtenidos en el resumen estadístico, se puede decir que la muestra sigue una distribución normal, sesgo y curtosis pertenecen al intervalo $[-2, +2]$. A pesar de ello, la variable parece estar condicionada de la misma manera que lo está la fuerza en el pedal, tal y como muestra la gráfica de probabilidad normal.

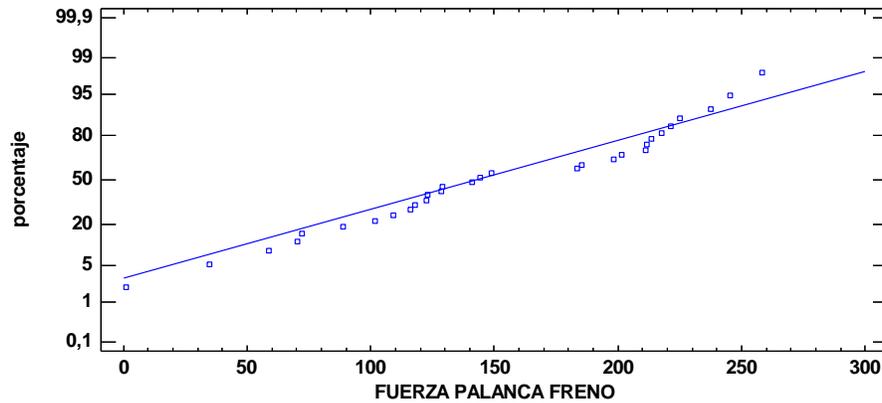


Figura 24. Gráfico de probabilidad normal para la variable Fuerza con la palanca de freno. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

Para hacer consecuentes los análisis se trabajará con la misma población separada en el análisis anterior.

2. ANOVA Simple

Se plantea el test de hipótesis para la variable de fuerza aplicada en la palanca de freno:

$$H_0: \mu_{F_{PMR}} = \mu_{F_{NO\ PMR}}$$

$$H_1: \mu_{F_{PMR}} \neq \mu_{F_{NO\ PMR}}$$

Procediendo de la misma manera se obtienen los resultados de la prueba ANOVA.

Tabla 13. ANOVA para fuerza en la palanca de freno por PMR.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	463,111	1	463,111	0,18	0,6771
Intra grupos	33171,9	13	2551,68		
Total (Corr.)	33635,0	14			

- Condiciones de los residuos

Los residuos de la muestra verifican tener los requisitos necesarios para poder aplicar la prueba de la ANOVA. El grado de dispersión apunta la indiscutible incorrelación. Así mismo, la media de los mismos se sitúa en 0, cumpliéndose también la condición de normalidad.

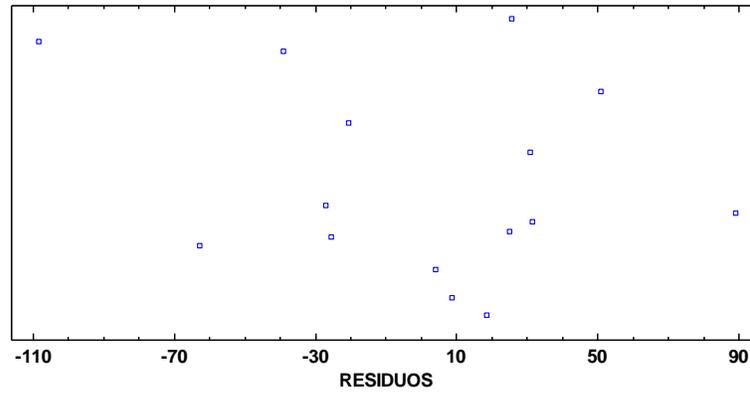


Figura 25. Gráfico de dispersión de los residuos de la variable Fuerza en el pedal de freno vs. PMR
[Elaboración propia con Programa Statgraphics]

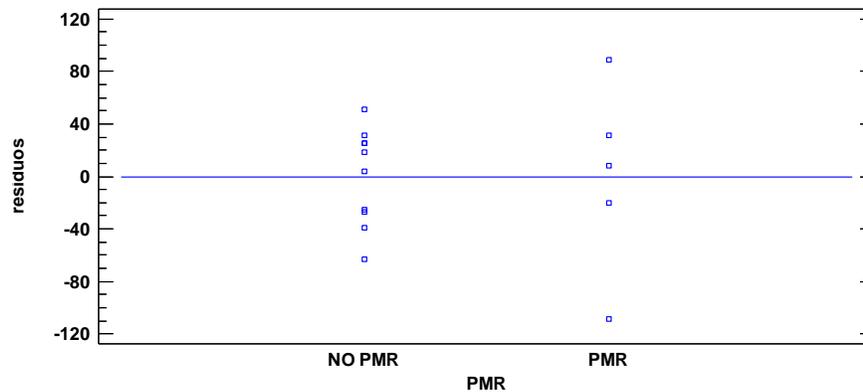


Figura 26. Gráfico de residuos de la variable Fuerza con la palanca de freno vs PMR. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

En cuanto a la condición de homocedasticidad, se puede apreciar que la forma de los predichos queda suavizada y dista de presentar un cambio sistemático de valores crecientes o decrecientes.

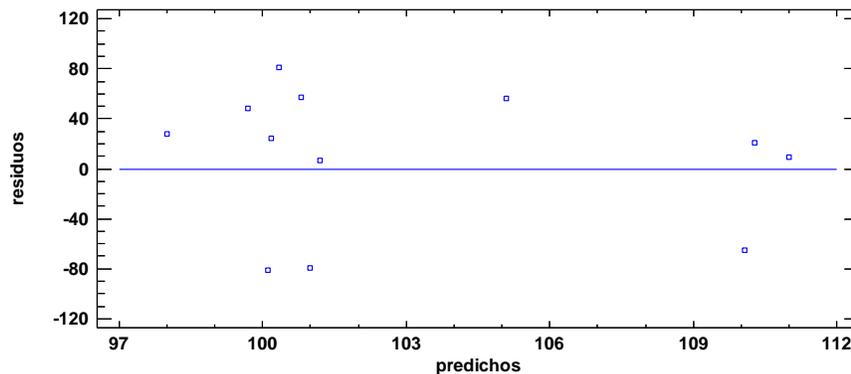


Figura 27. Gráfico de residuos vs. predichos de la variable Fuerza con la palanca de freno vs PMR.
[Elaboración propia con Programa Statgraphics]

Para mayor seguridad, se ejecuta de nuevo la prueba de Levene para comprobar la condición de varianza constante para ver el comportamiento homocedástico.

Test de Hipótesis de Levene

$$H_0: \sigma_{F_{PMR}} = \sigma_{F_{NO\ PMR}}$$

$$H_1: \sigma_{F_{PMR}} \neq \sigma_{F_{NO\ PMR}}$$

Tabla 14. Test de Levene para Verificación de Varianza de la variable fuerza con palanca de freno

	Prueba	Valor-P
Levene's	1,78109	0,20492

No se rechaza H_0 aceptándose la hipótesis de varianza constante y condición de homocedasticidad de los residuos.

- ANOVA

Igual que en la prueba anterior, el p-valor es bastante mayor que α , concluyendo que no hay diferencia estadísticamente significativa entre la media de las muestras de la fuerza con la palanca de freno. No se puede rechazar la hipótesis nula.

$$\alpha = 0.05 < p\ valor = 0.677$$

3.2 Análisis estadístico de las pruebas de tiempos de reacción

3.2.1 Tiempo de reacción con freno preparado

Tabla 15. Resultados obtenidos de las pruebas de tiempos de reacción con freno preparado.

TIEMPO (s)			
GRUPO DE CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL	
U01	1,033	P01	0,733
U02	0,883	P02	1,1
U03	1,367	P03	0,883
U04	0,945	P04	0,783
U05	0,8	P05	2,217
U06	0,833	P06	1,283
U07	0,883	P07	1
U08	0,633	P08	0,85
U09	1,217	P09	1,283
U10	0,783	P10	0,95
U11	0,783		
U12	0,717		
U13	0,75		
U14	0,933		
U15	0,75		
U16	0,7		
U17	1,1		
U18	0,783		
U19	0,75		
U20	0,683		

1. Análisis de la variable.

Antes de proceder al análisis descriptivo se identifican datos anómalos en la muestra. Para ello se utiliza el gráfico de caja y bigotes.

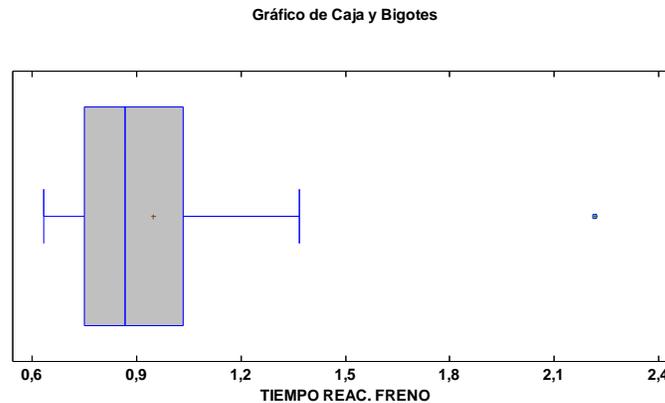


Figura 28. Gráfico de caja y bigotes para la variable tiempo de reacción con freno preparado. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

Es evidente que existe un dato anómalo en la distribución con meridiana diferencia. Dado que el usuario P05 no supera la prueba de rango de movilidad, tiene sentido que se excluya del análisis, ya que por ende le es imposible realizar la prueba.

Tabla 16. Resumen Estadístico para la variable tiempo de reacción con freno preparado.

Recuento	29
Promedio	0,903138
Desviación Estándar	0,196836
Coefficiente de Variación	21,7947%
Mínimo	0,633
Máximo	1,367
Rango	0,734
Sesgo Estandarizado	2,09496
Curtosis Estandarizada	0,0467539

Puesto que el valor del sesgo estandarizado se encuentra fuera del rango, la muestra no seguirá la distribución normal, uno de los requisitos necesarios a la hora de aplicar ANOVA. En este caso, se analizarán los datos la muestra bajo la prueba U de Mann-Whitney.

2. Prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.

Recordamos que la prueba U compara las medianas de dos muestras. El test de hipótesis para el tiempo de reacción esperando en el freno quedará:

$$H_0: M_{t_{PMR}} = M_{t_{NO\ PMR}}$$

$$H_1: M_{t_{PMR}} \neq M_{t_{NO\ PMR}}$$

Tabla 17. Test de Mann Whitney para igualdad de medianas del tiempo de reacción con freno preparado.

Mediana de la muestra 1	0,7915
Mediana de la muestra 2	0,95
U = 125	P-Valor=0.103024

Debido a que el p-valor es mayor o igual que 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medianas al 95% de seguridad, para el tiempo de reacción con el pie o la mano preparados en el mando del freno.

$$\alpha = 0.05 < p \text{ valor} = 0.103$$

3. ANOVA Multifactorial bajo transformación de muestra

En vista de las anomalías que presenta la muestra, y dada la naturaleza de la variable del tiempo de reacción, cabe pensar que ésta pueda depender de algún otro factor cualitativo como la experiencia en la conducción o la edad del sujeto. Esta comparación se puede llevar a cabo mediante la prueba de ANOVA Multifactorial.

Puesto que el principal problema que tenemos en este caso para aplicar la prueba de la ANOVA es que las varianzas no muestran homocedasticidad, aplicaremos una transformación a la muestra con el logaritmo en base 10 de los resultados, unificando así los valores para la varianza. De esta forma los datos mostrarán una distribución normal homocedástica, como se aprecia en el histograma de frecuencias y así poder ver su modelo estadístico para la ANOVA.

Tabla 18. Resumen Estadístico para el logaritmo en base 10 de la variable TRF.

Recuento	30
Promedio	-0,0534397
Desviación Estándar	0,0892984
Coefficiente de Variación	-167,101%
Mínimo	-0,198596
Máximo	0,135769
Rango	0,334365
Sesgo Estandarizado	1,36547
Curtosis Estandarizada	-0,5112

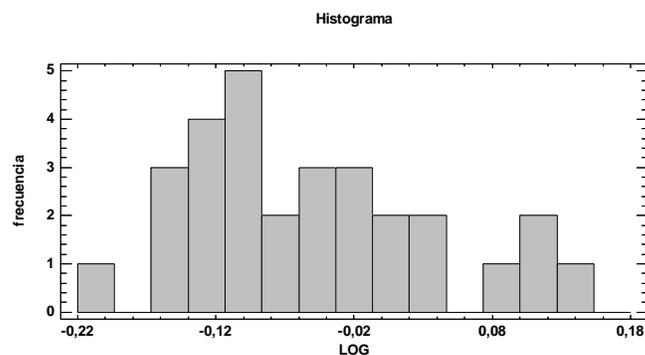


Figura 29. Histograma de frecuencias de la variable log (tiempo de reacción para unificación de varianzas).
[Elaboración propia con Programa Statgraphics]

Aplicando ANOVA multifactorial dependiendo de la experiencia del sujeto en la conducción se obtiene:

Tabla 19. Análisis de Varianza para LOG10(Tiempo de frenado) - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:PMR	0,0148279	1	0,0148279	2,09	0,1606
B:CONDICION CONDUCIR	0,0261422	2	0,0130711	1,84	0,1792
RESIDUOS	0,177312	25	0,00709248		
TOTAL (CORREGIDO)	0,223277	28			

Sorprendentemente, a pesar de las figuraciones, se puede apreciar que ninguno de los p-valor obtenidos en la ANOVA Multifactorial es inferior que el nivel de significancia del 0,05, por lo que tampoco es relevante la experiencia conduciendo para el tiempo de reacción.

$$\alpha = 0.05 < p \text{ valor}_A = 0.1606 < p \text{ valor}_B = 0.1792$$

3.2.2 Tiempo de reacción durante aceleración

Tabla 20. Resultados obtenidos de las pruebas de tiempo de reacción durante aceleración.

TIEMPO (s)			
GRUPO DE CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL	
U01	1,817	P01	1,05
U02	1,1	P02	1,15
U03	2	P03	0,867
U04	1,233	P04	1,067
U05	1,05	P05	
U06	1,025	P06	1,317
U07	1,4	P07	0,917
U08	0,95	P08	0,95
U09	0,933	P09	1,6
U10	1,133	P10	1,3
U11	0,95		
U12	1,05		
U13	0,817		
U14	1,45		
U15	0,95		
U16	1,05		
U17	0,933		
U18	1,267		
U19	1,65		
U20	1,017		

1. Análisis de la variable

Tabla 21. Resumen estadístico para la variable tiempo de reacción durante aceleración.

Recuento	29
Promedio	1,17217
Desviación Estándar	0,293473
Coefficiente de Variación	25,0367%
Mínimo	0,817
Máximo	2,0
Rango	1,183
Sesgo Estandarizado	2,95421
Curtosis Estandarizada	1,4648

De nuevo el valor del sesgo estandarizado se encuentra fuera del rango $[-2, +2]$ que determina una distribución normal. No obstante, mediante el gráfico de densidades suavizadas podemos comprobar que ambas muestras presentan a priori el mismo tipo de distribución. Las analizamos por la prueba U.

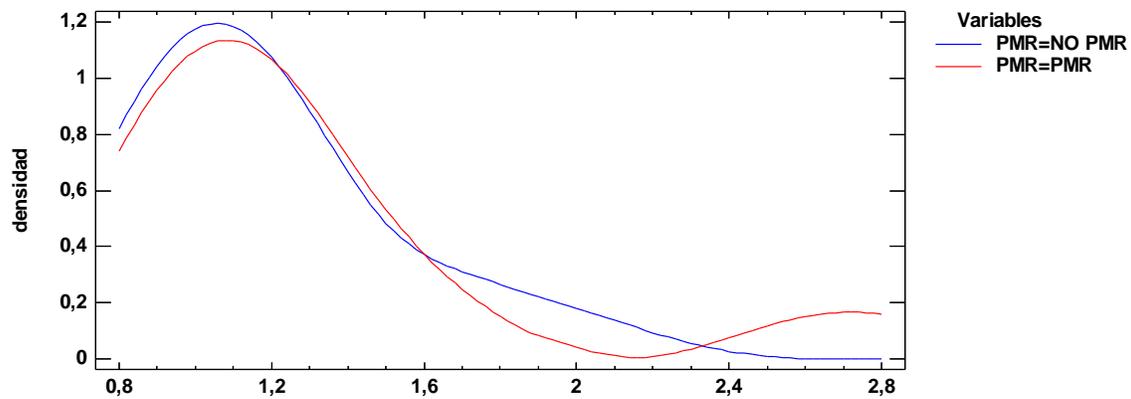


Figura 30. Gráfico de densidades suavizadas de las muestras para variable tiempo de reacción con aceleración. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

2. Prueba no paramétrica U de Mann-Whitney

Comparando las medianas de las dos muestras para el tiempo de reacción acelerando con el test de hipótesis:

$$H_0: M_{t_{PMR}} = M_{t_{NO\ PMR}}$$
$$H_1: M_{t_{PMR}} \neq M_{t_{NO\ PMR}}$$

Tabla 22. Test de Mann Whitney para la igualdad de medianas de la variable tiempo de reacción con aceleración.

Mediana de la muestra 1	1,05
Mediana de la muestra 2	1,1085
U = 107	P-Valor=0.7744

Puesto que el p-valor es bastante mayor que 0,05, no podemos decir que haya una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un 95%. Por lo que no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medianas.

$$\alpha = 0.05 < p \text{ valor} = 0.7744$$

En la figura 31 del gráfico de cajas y bigotes, se observa la semejanza de medianas de ambas muestras entorno el mismo valor.

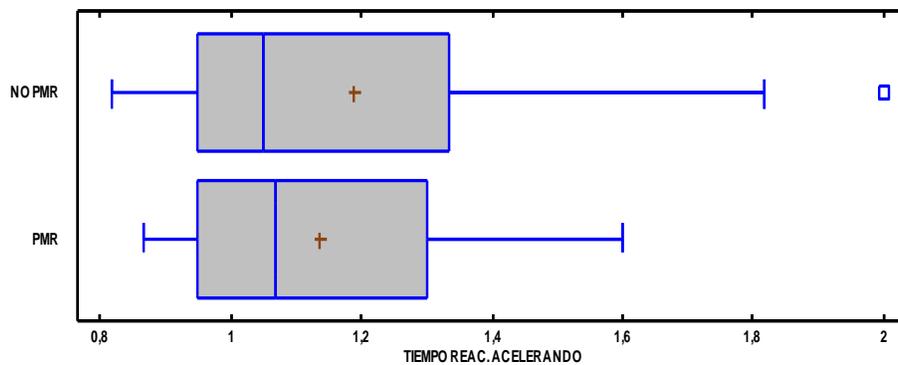


Figura 31. Gráfico caja y bigotes para tiempo de reacción con aceleración. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

3.3 Análisis estadístico de prueba distancia de frenado y conducción

Como se ha dicho anteriormente, la prueba de distancia de frenado mide diferentes magnitudes, la velocidad alcanzada, el tiempo de frenado, el desplazamiento lateral y la distancia recorrida hasta detener el vehículo. La prueba consiste en alcanzar los 100km/h antes de comenzar a parar. Por ese motivo, es preciso analizar la variable de velocidad en primer lugar distinguiendo si dicha velocidad ha sido alcanzada. Se tomarán como pruebas fallidas aquellos datos que se encuentren fuera de rango, considerando que no se ha realizado la prueba.

3.3.1 Velocidad alcanzada

Tabla 23. Resultados de velocidad obtenidos de las pruebas distancia de frenado.

VELOCIDAD (KM/H)			
GRUPO DE CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL	
U01	74,615	P01	109,769
U02	117,087	P02	115,76
U03	116,308	P03	94,076
U04	106,573	P04	70,512
U05	100,332	P05	106,928
U06	98,121	P06	70,512
U07	101,899	P07	99,732
U08	113,737	P08	118,359
U09	107,104	P09	98,553
U10	106,202	P10	114,715
U11	114,285		
U12	117,787		
U13	111,689		
U14	114,747		
U15	113,035		
U16	92,435		
U17	116,589		
U18	109,346		
U19	110,33		
U20	97,124		

1. Análisis de la variable

Tabla 24. Resumen estadístico de la variable de velocidad.

Recuento	30
Promedio	104,609
Desviación Estándar	13,3831
Coficiente de Variación	12,7935%
Mínimo	70,512
Máximo	118,359
Rango	47,847
Sesgo Estandarizado	-3,22801
Curtosis Estandarizada	1,80619

El histograma de la figura 32 sacado del análisis estadístico, permite identificar el rango de valores de velocidad que se toman como aceptables para evaluar la muestra. Aquellos datos situados a la izquierda de los 90Km/h se alejan notoriamente de la distribución deseada.

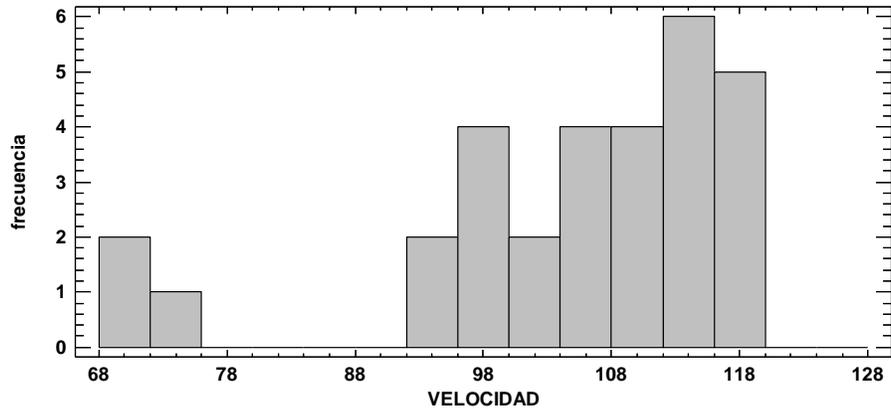


Figura 32. Histograma para la variable de la Velocidad. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

Para identificar los datos que se considerarán como fallidos se recurre al gráfico de dispersión de la figura 33. Se puede ver fácilmente que se trata solamente de tres valores, lo que supone tan sólo un 10% de la población total. Además, dichos valores pertenecen a los dos grupos, tanto el de control como el experimental. Por lo que no supondrá un condicionante para los test de hipótesis que estamos planteando.

Gráfico de Dispersión

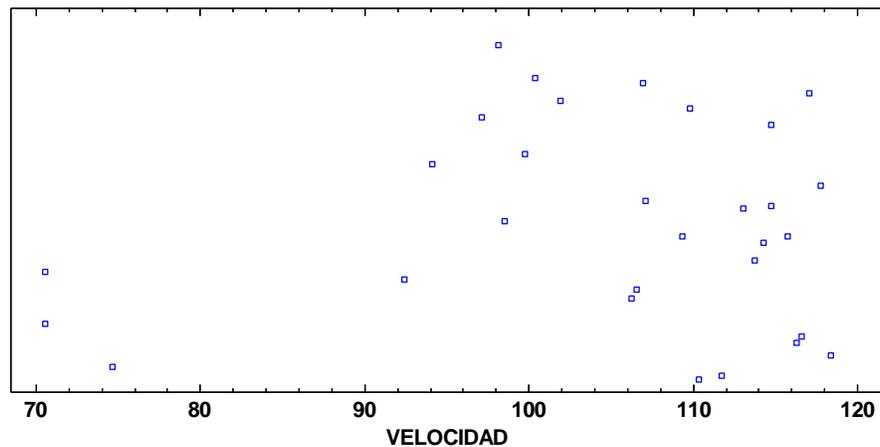


Figura 33. Gráfico de dispersión para la variable de la Velocidad. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

Descartando los datos calificados como anómalos, la muestra sigue la distribución normal, aceptando la realización de la prueba para valores comprendidos entre [92-118,4]Km/h. Como se muestra en el diagrama de cajas y bigotes de la figura 34, tanto para PMR como para NO PMR, muestran varianzas y formas semejantes.

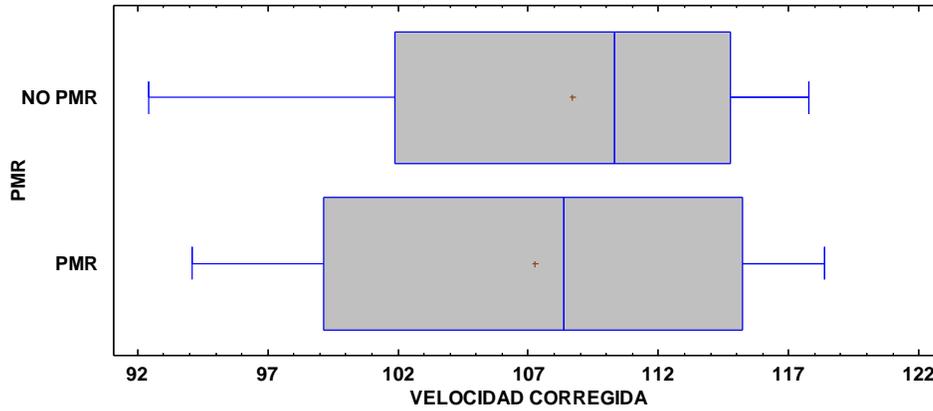


Figura 34. Gráfico de caja y bigotes para la variable de la Velocidad. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

3.3.2 Tiempo de frenado

Tabla 25. Resultados de velocidad obtenidos de las pruebas distancia de frenado.

TIEMPO (s)			
GRUPO DE CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL	
U01		P01	2,7
U02	57,125	P02	3,333
U03	61,666	P03	2,4
U04	44,742	P04	
U05	35,689	P05	3,433
U06	32,487	P06	
U07	34,941	P07	2,417
U08	48,919	P08	3,167
U09	41,412	P09	2,617
U10	45,543	P10	3,233
U11	44,987		
U12	56,2		
U13	48,891		
U14	46,596		
U15	44,721		
U16	92,435		
U17	116,589		
U18	109,346		
U19	110,33		
U20	97,124		

1. Análisis de la variable

Tabla 26. Resumen Estadístico para la variable tiempo de frenado.

Recuento	27
Promedio	2,70224
Desviación Estándar	0,419989
Coefficiente de Variación	15,5423%
Mínimo	1,633
Máximo	3,433
Rango	1,8
Sesgo Estandarizado	-0,970946
Curtosis Estandarizada	0,648833

En esta ocasión tanto el sesgo estandarizado como la curtosis se encuentran dentro del rango para la distribución normal, por lo que sí es posible aplicar la prueba ANOVA.

2. ANOVA SIMPLE

Se plantea el siguiente test de hipótesis que compara las medias de las muestras para la variable de tiempo de frenado:

$$H_0: \mu_{t_{PMR}} = \mu_{t_{NO\ PMR}}$$

$$H_1: \mu_{t_{PMR}} \neq \mu_{t_{NO\ PMR}}$$

Tabla 27. ANOVA para tiempo de frenado por PMR.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0605065	1	0,0605065	0,33	0,5676
Intra grupos	4,87844	27	0,180683		
Total (Corr.)	4,93895	28			

- Condiciones de los residuos

Los residuos de la muestra presentan tendencia normal salvo por dos datos anómalos en la cola izquierda. El sesgo estandarizado es de -1.40286 y la curtosis 0.97315. Estos dos datos explican la cercanía del sesgo al límite del rango, pero analíticamente no tienen suficiente peso como para presentar una distribución distinta a la normal.

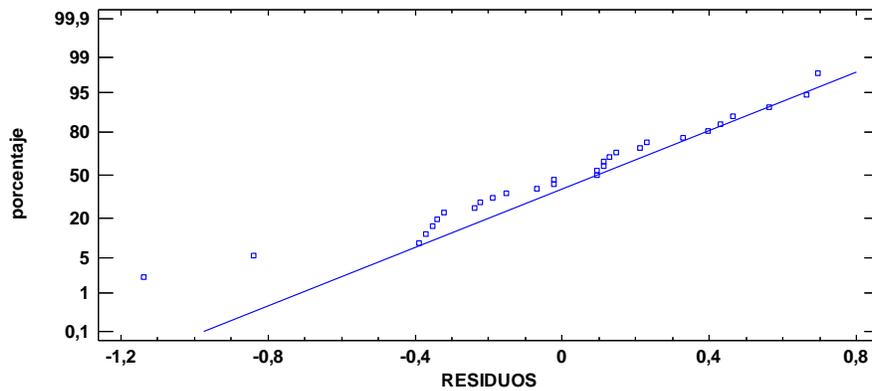


Figura 35. Gráfico de probabilidad normal para la variable tiempo de frenado. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

Los residuos no presentan estructura lineal ascendente o descendente respecto a los valores ajustados de la variable, sino constante, por lo que se asume entonces la hipótesis de homocedasticidad.

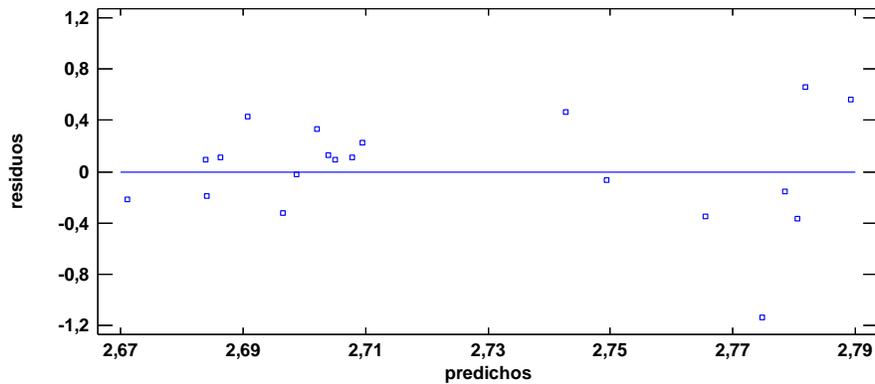


Figura 36. Gráfico de residuos vs. Predichos de la variable tiempo de frenado. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

Por último, en la figura 37, se puede apreciar fácilmente la aleatoriedad de los residuos de la muestra que cumple la condición de incorrelación. Con ello se cumplen inequívocamente las tres condiciones necesarias para aplicar la prueba ANOVA.

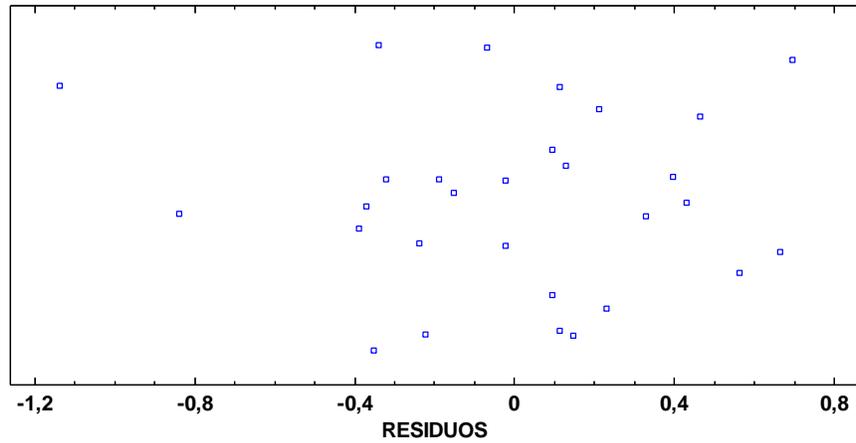


Figura 37. Gráfico de dispersión de los residuos para la variable tiempo de frenado. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

- ANOVA

La razón-F, que en este caso es igual a 0,334. El p-valor de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media del tiempo de frenado por la condición de ser una persona con problemas de movilidad, por lo que acepta la hipótesis nula con un nivel del 95% de confianza.

$$\alpha = 0.05 < p \text{ valor} = 0.5676$$

Esto mismo se deduce del gráfico LSD de Fisher, dónde los bigotes de las muestras se solapan sin problema, por lo que no hay diferencias significativas.

Medias y 95,0% de Fisher LSD

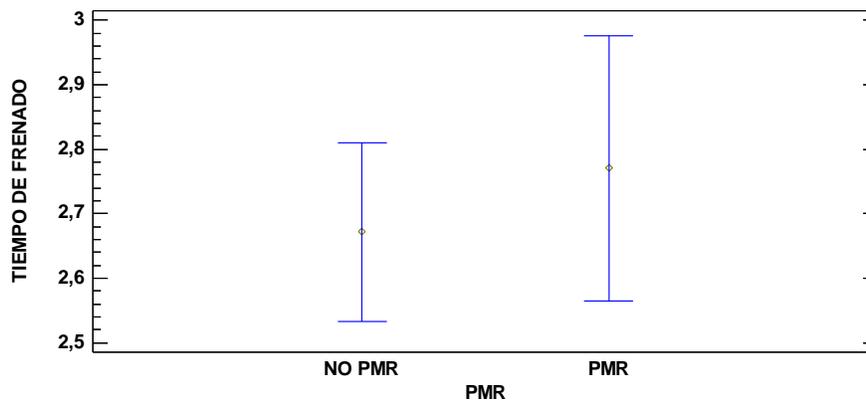


Figura 38. Gráfico LSD de Fisher con nivel de confianza 95% para la variable tiempo de frenado. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

3.3.3 Distancia recorrida

Tabla 28. Resultados de distancia recorrida obtenidos de las pruebas distancia de frenado.

DISTANCIA(M)	
GRUPO DE CONTROL	GRUPO EXPERIMENTAL
U01	P01 43,24
U02 57,125	P02 65,78
U03 61,666	P03 33,352
U04 44,742	P04
U05 35,689	P05 63,676
U06 32,487	P06
U07 34,941	P07 34,345
U08 48,919	P08 57,048
U09 41,412	P09 39,977
U10 45,543	P10 57,933
U11 44,987	
U12 56,2	
U13 48,891	
U14 46,596	
U15 44,721	
U16 30,362	
U17 52,657	
U18 41,578	
U19 45,369	
U20 32,13	

1. Análisis de la variable

Tabla 29. Resumen Estadístico para la variable distancia de frenado.

Recuento	27
Promedio	45,9765
Desviación Estándar	10,2586
Coefficiente de Variación	22,3127%
Mínimo	30,362
Máximo	65,78
Rango	35,418
Sesgo Estandarizado	0,627319
Curtosis Estandarizada	-0,903733

Sesgo estandarizado y Curtosis estandarizada pertenecen al rango $[-2, +2]$ de la Normal. Se puede aplicar la prueba ANOVA.

2. ANOVA Simple

Planteando el siguiente test de hipótesis para la comparación de medias en distancia de frenado:

$$H_0: \mu_{d_{PMR}} = \mu_{d_{NO\ PMR}}$$

$$H_1: \mu_{d_{PMR}} \neq \mu_{d_{NO\ PMR}}$$

Tabla 30. ANOVA para distancia recorrida por PMR

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	134,714	1	134,714	1,29	0,2660
Intra grupos	2601,5	25	104,06		
Total (Corr.)	2736,21	26			

- Condiciones de los residuos.

Como se va visto en el análisis de la variable, la muestra cumple las condiciones de normalidad y homocedasticidad, en consecuencia, así lo deben de hacer los residuos. Se comprobarán a continuación tales condiciones, necesarias para la aplicación de la prueba ANOVA.

Para ello se muestra la gráfica de residuos vs predichos donde se ve que sus valores no muestran una ordenación definida respecto a los valores ajustados de la variable, por lo que a priori se podría asumir la hipótesis de homocedasticidad.

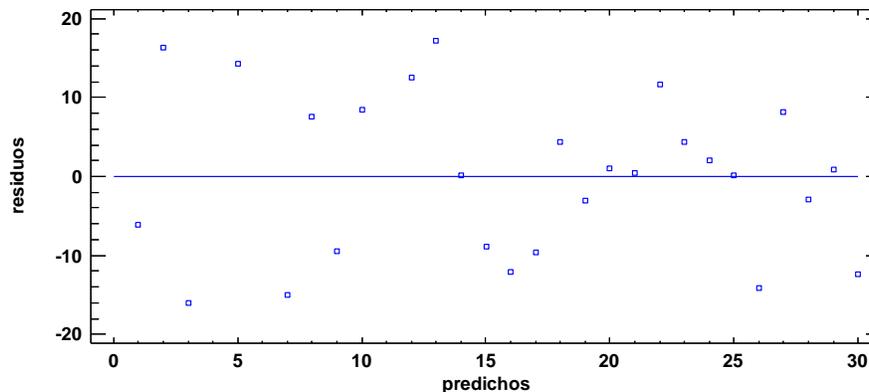


Figura 39. Gráfico de residuos vs. predichos para la distancia de frenad. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

Procediendo de igual modo que en los demás ejercicios se aplica la prueba de Levene para el contraste de varianzas. Siendo el Test de Hipótesis a plantear:

$$H_0: \sigma_{d\ frenado_{PMR}} = \sigma_{d\ frenado_{NO\ PMR}}$$

$$H_1: \sigma_{d\ frenado_{PMR}} \neq \sigma_{d\ frenado_{NO\ PMR}}$$

Tabla 31. Test de Levene para Verificación de Varianza de la variable distancia de frenado.

	Prueba	Valor-P
	Levene's	5,35394 0,029183

Con un p-valor menor que el nivel de significancia 0.05, en este caso no se cumple la condición necesaria de homocedasticidad, lo que restringe la aplicación de la prueba ANOVA para la muestra analizada.

$$\alpha = 0.05 > p \text{ valor} = 0.029$$

Puesto que ya se ha comprobado que se incumple el requisito de homocedasticidad no hará falta comprobar los restantes y pasamos a aplicar la prueba U de Mann-Whitney.

3. Prueba no paramétrica U de Mann-Whitney

Con la prueba U se compararán las medianas de las dos muestras (separadas, una vez más por el término de PMR). La prueba combina las muestras y compara los *rankeos* promedio de los datos combinados. Presentando el siguiente Test de Hipótesis para el estadístico U:

$$H_0: M_{\text{distancia de frenado PMR}} = M_{\text{distancia de frenado NO PMR}}$$

$$H_1: M_{\text{distancia de frenado PMR}} \neq M_{\text{distancia de frenado NO PMR}}$$

Tabla 32. Test de Mann Whitney para igualdad de medianas de la variable distancia de frenado.

Mediana de la muestra 1	44,987
Mediana de la muestra 2	50,144
U = 91	P-Valor=0,441332

Comparando el valor de α a nivel de confianza del 95%, se acepta la hipótesis nula de igualdad de medianas puesto que el p-valor es mayor que 0,05.

$$\alpha = 0.05 < p \text{ valor} = 0.4413$$

3.3.4 Desplazamiento lateral

Tabla 33. Resultados de distancia recorrida obtenidos de las pruebas distancia de frenado.

DESPLAZAMIENTO(M)	
GRUPO DE CONTROL	GRUPO EXPERIMENTAL
U01	P01 0,108
U02 0,672	P02 3,42
U03 1,048	P03 1,106
U04 2,123	P04
U05 0,07	P05 1,436
U06 1,047	P06
U07 0,172	P07 0,223
U08 1,033	P08 2,626
U09 0,174	P09 0,017
U10 0,047	P10 0,094
U11 0,407	
U12 0,108	
U13 0,148	
U14 0,072	
U15 1,463	
U16 0,062	
U17 0,095	
U18 0,158	
U19 0,741	
U20 0,178	

1. Análisis de la variable

Tabla 34. Resumen Estadístico para la variable desplazamientos.

Recuento	27
Promedio	0,698074
Desviación Estándar	0,877967
Coficiente de Variación	125,77%
Mínimo	0,017
Máximo	3,42
Rango	3,403
Sesgo Estandarizado	3,66999
Curtosis Estandarizada	2,93549

En esta ocasión los datos no parecen seguir una distribución normal por diferentes motivos. En primer lugar, tanto el sesgo como la curtosis se encuentran lejos de los límites establecidos. Por otro lado, como se representa en la gráfica de distribución normal, prácticamente todos los datos distan mucho de la recta de mínimos cuadrados.

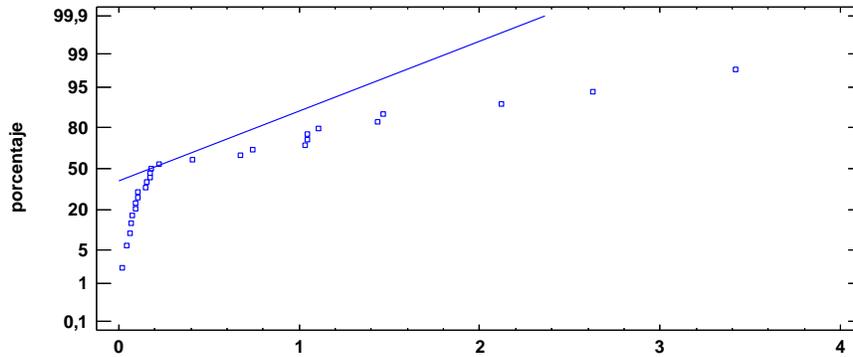


Figura 40. Gráfico de probabilidad normal para la variable desplazamientos laterales. [Elaboración propia con Programa Statgraphics]

Puesto que no se puede aplicar la prueba de ANOVA que necesita de condiciones de normalidad, homocedasticidad e incorrelación, se optará por Mann-Whitney para la comparación de medianas.

2. Prueba no paramétrica U de Mann-Whitney

Comparando las medianas de las dos muestras con el test de hipótesis:

$$H_0: M_{DL_{PMR}} = M_{DL_{NO\ PMR}}$$

$$H_1: M_{DL_{PMR}} \neq M_{DL_{NO\ PMR}}$$

Tabla 35. Test de Mann Whitney para igualdad de medianas para la variable desplazamientos laterales.

Mediana de la muestra 1	0,174
Mediana de la muestra 2	0,6645
U = 92,5	P-Valor=0,39548

Contemplando los resultados de la prueba U, donde el p-valor calculado es igual a 0,39548, se concluye que no se rechaza la hipótesis nula e igualdad de medianas para $\alpha = 0,05$ para la variable de desplazamientos laterales.

$$\alpha = 0.05 < p\ valor = 0,39548$$

3.3.5 Prueba de rampa con pendiente 10%

Tabla 36. Resultados obtenidos de las pruebas de rampa.

SUPERADA/NO SUPERADA			
GRUPO DE CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL	
U01	S	P01	S
U02	S	P02	S
U03	S	P03	S
U04	S	P04	S
U05	S	P05	
U06	S	P06	
U07	N	P07	S
U08	S	P08	S
U09	S	P09	N
U10	S	P10	S
U11	S		
U12	S		
U13	S		
U14	S		
U15	S		
U16	S		
U17	S		
U18	S		
U19	S		
U20	S		

1. Test de Hipótesis de dos muestras de proporciones binomiales.

Tabla 37. Datos de las muestras de proporciones binomiales para prueba de rampa.

MUESTRA 1 (PMR)		MUESTRA 2 (NO PMR)	
n	9	n	20
P=(Éxitos/n)	0,7	P=(Éxitos/n)	0,867

Test de hipótesis para comparación de proporciones:

$$H_0: P_{PMR} = P_{NO PMR}$$

$$H_1: P_{PMR} \neq P_{NO PMR}$$

Tabla 38. Resultado Test de Hipótesis prueba de rampa.

Intervalos de confianza 95% [-0,501339;0,167339]
Z=-1,07188
p-valor=0,283773

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$, concluyendo que no hay diferencias significativas entre los dos grupos (control y experimental) con el manejo de mandos para la prueba de rampa.

$$\alpha = 0.05 < p \text{ valor} = 0,28377$$

3.4 Análisis resultados de opinión

Se han escogido las preguntas del formulario referentes a la optimización del protocolo de evaluación de la capacidad de conducción, analizando los puntos de vista de los sujetos que realizaron las pruebas en el simulador. Los niveles contemplados en las consultas son subjetivos y hacen alusión a las sensaciones que el proceso de evaluación genera en los individuos. Por ejemplo, si produce mareos o una carga mental elevada, etc.

3.4.1 Aptitud ante el mareo en el uso de simuladores de conducción.

Como se puede ver en la figura 41 dónde se muestra la frecuencia al mareo de los sujetos, tan sólo un 3% de participantes sufren mareos a menudo dejando un claro margen de normalidad ante la circunstancia de no tener mareos con un 77%.



Figura 41. Diagrama circular de proporciones para la frecuencia en el mareo.

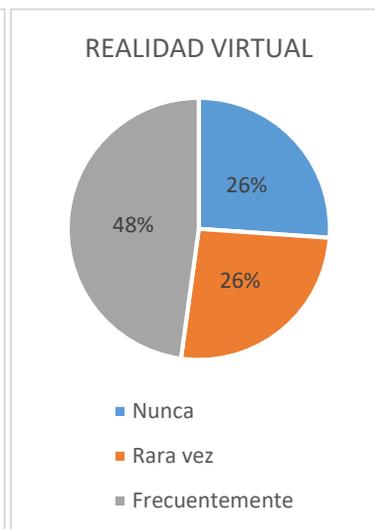


Figura 42. Diagrama circular de proporciones para la realidad virtual.

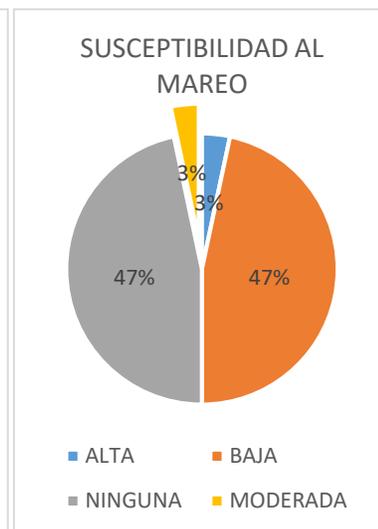


Figura 43. Diagrama circular de proporciones para la susceptibilidad al mareo.

También se ha querido mostrar la tendencia al uso de sistemas de realidad virtual, no solo a nivel de simulación sino cualquier tipo de dispositivos electrónicos. Viendo en la figura 42 que cerca de un 50% de la población del experimento está familiarizada con este tipo de aparatos. Igualmente se ha visto que prácticamente un 50% de los voluntarios no son susceptibles al mareo con el uso del simulador para la realización de las pruebas del protocolo (figura 43). No obstante, se puede apreciar que cerca de otro 50%, sí que advirtieron cierta susceptibilidad en los ensayos.

Dada la naturaleza de las pruebas llevadas a cabo con el protocolo de evaluación de conducción, se han valorado las principales causas de mareo en el uso de simuladores progresivamente. Con ello se pretende estudiar la tolerancia al mareo ante un sistema de simulación. Todo este análisis viene representado en la gráfica de barras de la figura 44.

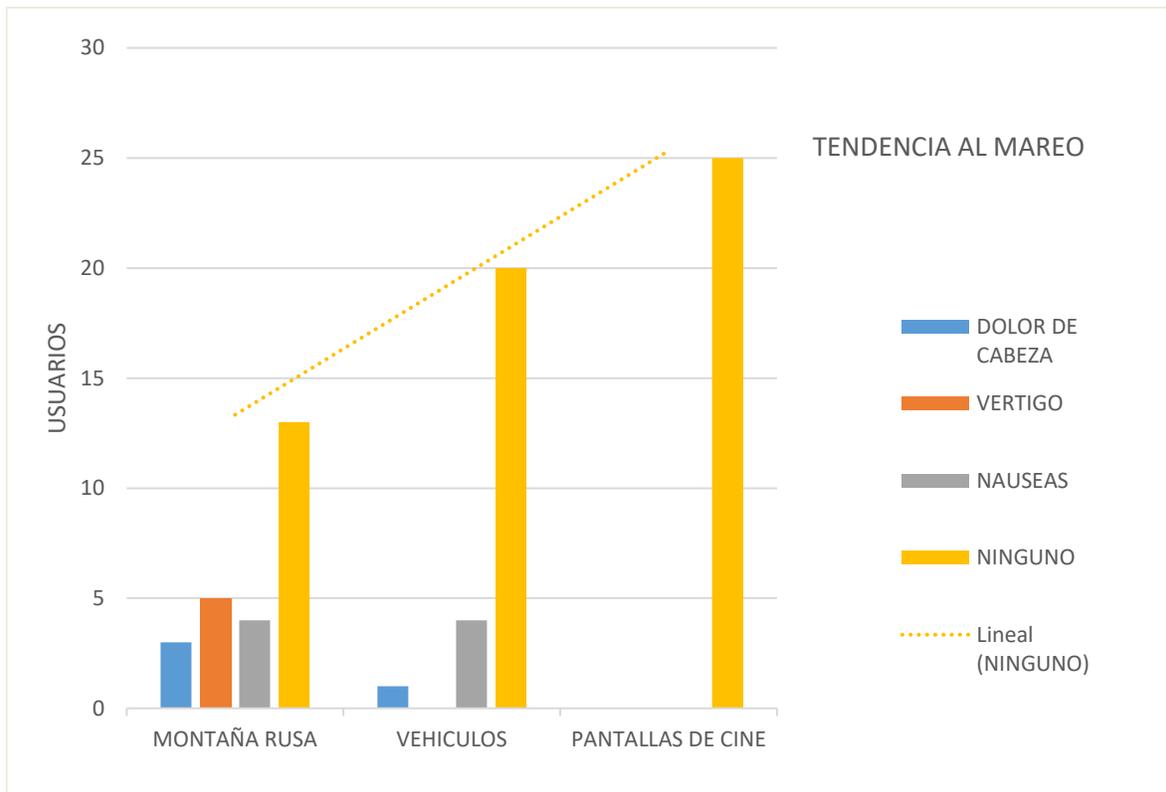


Figura 44. Gráfico de barras para la tendencia al mareo.

Las pruebas en sí en el simulador se han extrapolado a las experiencias de los individuos ante el hecho montar en una montaña rusa o cualquier otro tipo de atracción lúdica de estas características. Las respuestas señalan que un 12% sufren dolores de cabeza, un 20% experimentan sensaciones de vértigo y un 16% náuseas. En cuanto al uso de vehículos, tan sólo un 20% advierten algún tipo de incomodidad por dolores de cabeza náuseas. En cuanto al hecho de fijar la vista en una pantalla durante un cierto periodo de tiempo, se ha preguntado sobre la sensación ante pantallas de cine, ordenadores, etc. El 100% del grupo, no sufre ningún tipo de problema ante ello.

3.4.2 Aptitud en la realización de las pruebas de evaluación

Se examinan a continuación los datos generales obtenidos de las preguntas del cuestionario para la disposición de somnolencia, confusión, dificultad de concentración, fatiga visual y visión borrosa, antes y después de las pruebas.

Se aprecia que prácticamente ningún individuo experimento somnolencia durante o después de la sesión de pruebas. Al comienzo de los experimentos y durante el proceso de pruebas se siente cierta confusión y se muestra visión borrosa, que tiende a desaparecer cuando estos concluyen. Por último, fatiga visual y dificultad de concentración son los inconvenientes que quedan más marcados durante y después.

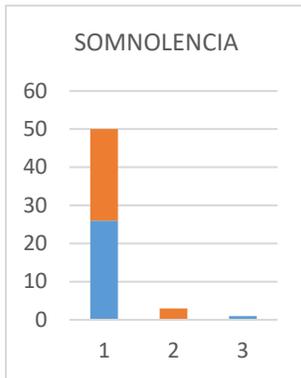


Figura 45. Gráfico de barras durante y después, para el estado de somnolencia.

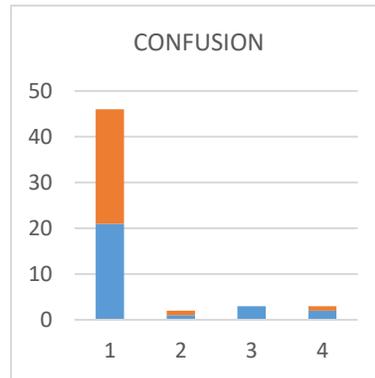


Figura 46. Gráfico de barras durante y después, para el estado de confusión.

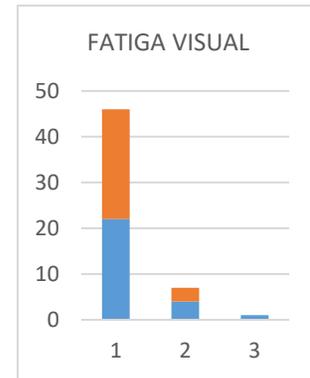


Figura 47. Gráfico de barras durante y después, para el estado de fatiga visual.

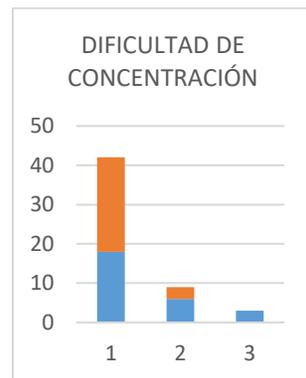


Figura 48. Gráfico de barras durante y después, para la dificultad de concentración.

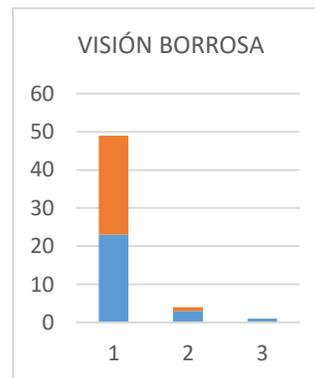


Figura 49. Gráfico de barras durante y después, para el estado de visión.

En la figura 50 se tienen las proporciones de opinión de los diferentes factores que influyen en la realización de las pruebas. Por lo general, no se cree que requieran extrema carga mental, actividad física o demanda temporal, puesto que en suma en torno al 70% de los encuestados son de esta opinión. Así mismo cabe destacar que más del 30% de las opiniones coincide en la demanda de una actividad perceptiva mínima.

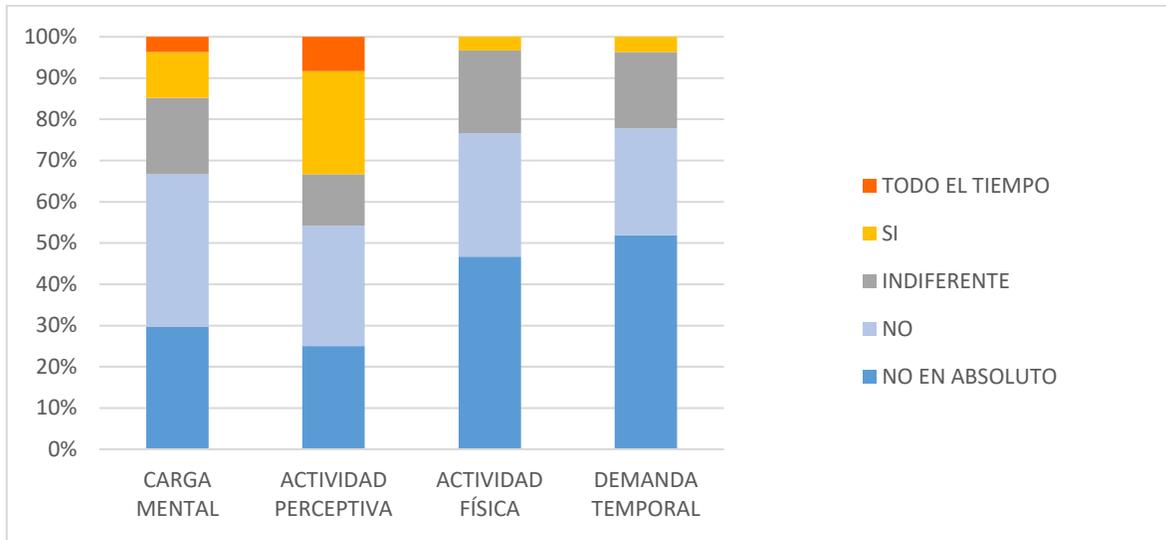


Figura 50. Diagrama de barras de percepción ante las pruebas.

En el gráfico de barras de la figura 51 se contemplan las opiniones de los usuarios en material de la valoración general del protocolo mediante simuladores de conducción. Más de un 50% de los participantes consideraron completar las tareas correctamente. En torno a un 80% de las personas que acudieron a hacer las pruebas en el simulador considera válido el método de evaluación mediante las pruebas realizadas.

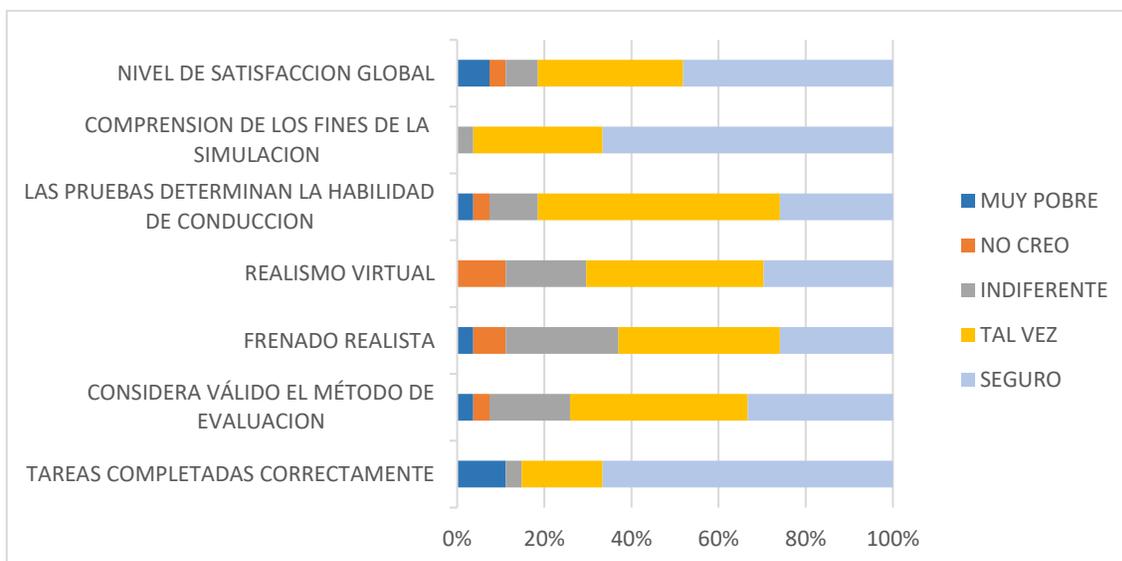


Figura 51. Diagrama de barras de proporciones de las opiniones de valoración del protocolo.

Se observa una convicción menor de la esperada, de la validez y realismo del frenado, el realismo virtual y las pruebas determinantes de la habilidad de conducir. En todas ellas sólo un 30% de los participantes están muy seguros de que lo cumple. No obstante, otro 40% asegurarían que puede cumplimentar esas funciones.

4. CONCLUSIONES

El objetivo del presente TFG es optimizar el procedimiento de evaluación de conductores por medio de un simulador de conducción experimental. El método de análisis en dos grupos distintos, uno experimental (personas con movilidad reducida) y otro de control (personas sin problemas de movilidad), ha permitido comparar ambos grupos y determinar si existen diferencias significativas en pruebas de frenado y tiempos de reacción en un simulador de conducción.

Mediante los resultados obtenidos de los análisis estadísticos, se ha podido contrastar que estas capacidades no presentan diferencias significativas entre los dos grupos y no difieren en función de tener o no algún tipo de discapacidad motora. Con lo que podemos afirmar por medio de ensayos objetivos, que el protocolo de evaluación de la capacidad de conducción, junto con las herramientas utilizadas del evaluador experimental, son válidos. Además, se ha justificado que en las pruebas de tiempo de reacción que contempla el procedimiento, no influyen significativamente otros factores como la experiencia al volante o la edad.

En cuanto al análisis de las percepciones de los usuarios, no se aprecia que haya una clara susceptibilidad al mareo en la realización de las pruebas siendo en general una tendencia baja. No obstante, se estima que la tendencia al mareo debería de ser prácticamente nula para centrar los esfuerzos en la conducción, sin que afectasen otros condicionantes externos. Por otro lado, las percepciones de los usuarios en cuestión de las pruebas en sí, es de que generalmente se comprende la técnica de la simulación para evaluar la capacidad de conducir. Pero, a pesar de que apuestan por el uso de estos sistemas, no todos están seguros de que cumplan sus funciones. Todo ello, obtenido del punto de vista subjetivo de los usuarios.

No hay que olvidar que este protocolo para la evaluación de conductores, pretende ayudar a conducir a aquellas personas con problemas de movilidad que por diversos motivos no pueden hacerlo. Como, por ejemplo, por el esfuerzo económico que conlleva o la indisponibilidad de vehículos adaptados por parte de las autoescuelas. Por el momento, este procedimiento no sustituye al examen de conducción práctico en absoluto, pero no se descarta que pueda conseguirlo en algún momento, con ayuda de investigaciones futuras que lo contrasten con la conducción real.

En el proceso de optimización del procedimiento de evaluación, se han determinado una serie de aspectos susceptibles a mejorar, descritos a continuación.

Determinación del rango de movilidad del mando del freno.

Mediante esta prueba el personal evaluador puede conocer a ciencia cierta la capacidad del sujeto para cumplimentar los movimientos espaciales de los mandos. Gracias a ella, se determinan las pruebas que puede realizar y los mandos que tiene a su disposición según sus necesidades. Esta prueba es de carácter individual en el protocolo, haciéndose una por mando, "llegas o no llegas" al 100%. No hay que olvidar que, para las PMR, las limitaciones motoras y restricciones de mandos suponen mayor fatiga para las extremidades que utilizan durante la conducción. Por ello sería interesante plantear la posibilidad de evaluar la resistencia a soportar y mantener ese rango de movilidad.

Determinación de la capacidad residual para la transmisión de esfuerzos en los mandos de frenado.

Por la manera en que están planteadas estas pruebas, las personas que presentan algún tipo de discapacidad, tienden a ejercer una fuerza desorbitada para probar que son perfectamente capaces de accionar el mando en cuestión, que tienen mucha fuerza. En consecuencia, las condiciones de esfuerzos que se generan, son imposibles de sostener en condiciones normales en un trayecto rutinario de conducción.

Por ese motivo, los resultados pueden llevar a equivocación y no ser útiles para determinar la capacidad de conducción de una persona. El accionamiento de los mandos de un vehículo automóvil no es una prueba de condición expresamente física, no debe suponer en ningún momento un esfuerzo y desgaste continuo, sino un añadido de la actividad de conducir. Cabe señalar que las mediciones se deberían hacer en un ambiente más realista que interprete de mejor forma el entorno dentro de un vehículo. Para ello, serían necesarias unas investigaciones de esfuerzos reales en situaciones dinámicas para determinados tipos de maniobras de conducción.

Comportamiento en frenado mediante la prueba de distancia de frenado.

El ensayo que propone el protocolo para este tipo de evaluación consiste en circular por una línea recta a una velocidad constante de 40, 50 y 60 km/h, y una vez alcanzada la velocidad de referencia se procede al frenado total del vehículo. Se ha realizado exactamente la misma prueba con la salvedad de que en el experimento la velocidad alcanzada ha sido de 100km/h.

Dado el rango de velocidades de las pruebas del protocolo, sólo se contempla la conducción en entornos urbanos. Se propone ampliar esta etapa del protocolo, e incluir una segunda prueba como la realizada en los ensayos a 100km/h, que es la velocidad de cruceo media en carretera. A esta velocidad, una situación de frenado brusco es mucho más peligrosa, recorriéndose en menos de dos segundos, velocidades de hasta setenta metros. Así mismo, durante los ensayos se registraron desplazamientos laterales de hasta tres metros, por lo que se puede afirmar que resulta más fácil perder el control del vehículo a este rango de velocidades. Por tanto, se encuentra esta prueba complementaria de sustancial interés.

Medición de la capacidad de reacción estática

La medición de estas magnitudes requiere que se haya accionado el freno en su totalidad, lo que limita la realización de esta prueba a aquellas personas que no hayan alcanzado dicho rango. Pasa lo mismo por partida doble, en la que se solicita accionar el acelerador a fondo mientras que se espera el estímulo. Así mismo, el tiempo de reacción se comienza a medir al presionar el freno al 100%, cuando realmente el sujeto empieza a frenar unos instantes de tiempo antes, proporcionando una información aproximada pero no exacta. Por estos motivos, se estima que incluir la medición del tiempo de reacción con el momento en que se haga contacto con el freno daría información más completa.

Se mencionan a continuación algunos de los posibles desarrollos futuros que se podrían llevar a cabo a consecuencia de los estudios realizados. Por ejemplo, en el caso de los tiempos de reacción, se podría estudiar el tipo de sensor más adecuado para la herramienta de simulación, bien de contacto o uno que midiese también el desplazamiento del mismo. Para todo ello de igual modo que pasa en la mejora propuesta de la determinación de esfuerzos comentada anteriormente, habría que comprobar si la diferencia entre estas medidas es o no significativa y realista. Y para ello se necesitaría contrastar los resultados del evaluador experimental con unas situaciones dinámicas reales.

Por último, en lo que al protocolo en general se refiere, su función es hacer pruebas objetivas abiertas a conclusiones subjetivas. Depende de para qué prueba o fase del procedimiento, hay que preguntarse varias cuestiones. Si una única sesión te dice si puedes o no conducir. Saber cuántas sesiones de cuantas pruebas son necesarias en qué casos, para mostrar la disposición a conducir y cuales son determinantes para concluir que eres o no capaz. En definitiva, es el mismo personal evaluador el que tiene que ser capaz de tomar esas decisiones conforme a lo observado, sin sólo limitarse a los resultados de los informes.





PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

1 Necesidad del presupuesto.

Vamos a exponer a continuación de forma detallada la inversión que supondría llevar a cabo el presente proyecto. Ha sido redactado de tal forma que su unidad monetaria es el Euro y la unidad básica de cálculo empleada la hora o el litro, según corresponda.

Puesto que se trata de un trabajo de carácter ingenieril, hemos seguido la metodología aprendida para este tipo de proyectos, otorgándole carácter realista a las medidas valoradas. Se ha visto adecuado dividir el presupuesto en tres unidades de obra distintas, a saber, ensayos prácticos, pruebas de opinión e informe. Así mismo, se han elaborado las mediciones pertinentes de cada una de ellas y se han estructurado en capítulos.

2 Contenido

El presupuesto redactado para este proyecto consta de varios apartados. A menudo los cuadros de precios descompuestos se muestran separados del presupuesto total. No obstante, se han presentado en conjunto, puesto que en ocasiones el cliente puede pensar que le estamos ocultando información. Siempre queremos destacar la transparencia del documento. Los cuadros de precios se han elaborado de forma que consta su número de capítulo en la esquina superior izquierda, seguido del código de la unidad de obra, la unidad básica en la que está medida, su descripción, rendimiento, precio e importe (de izquierda a derecha).

Tabla 39. Presupuesto del TFG

Nº	Código	Unid.	Descripción de las unidades de Obra	μ	Precio €	Importe €
01			ENSAYOS PRÁCTICOS			
			Batería de pruebas realizadas por los voluntarios en virtud de la validación del simulador de conducción SEERCO donde se midieron fuerzas y tiempos. Incluye la búsqueda de sujetos para la realización de las pruebas, así como el análisis estadístico de los datos obtenidos durante las mismas.			
	MO0101	h	Coordinador de personal*	35	15	525
	MO0102	h	Ingeniero Industrial*	68	15	1020
	MA0101	h	Simulador de conducción SEERCO	20	50	1000
	MA0102	h	Adaptación Pomo Simple y Tetrapleja	0,0009	12,04	0,01
	MA0103	h	Adaptación Joystick dos vías	0,0009	12,99	0,01
	MO0103	h	Ingeniero Industrial y estadístico*	45	15	675
	MA0104	h	Software Statgraphics Centurion X64	0,0235	1630	38,24
	MA0105	l	Transporte y desplazamientos	18,11	1,38	24,99
	MO0104	h	Informático y técnico responsables del Simulador	80	-	-
			Coste Directo			3283,25
			Coste Indirecto 6%			197
			Total Capítulo 01			3480,25

Nº	Código	Unid	Descripción de las unidades de Obra	μ	Precio €	Importe €
02			PRUEBAS DE OPINIÓN Desarrollo y redacción del cuestionario de opinión sobre el simulador de conducción, en el programa online Google Forms. Elaboración del análisis estadístico de las respuestas obtenidas de cada voluntario.			
	MO0201	h	Ingeniero Industrial*	7	15	105
	MA0201	h	Google Forms	27	0	0
	MO0202	h	Ingeniero Industrial -Estadístico*	15	15	225
	MA0202	h	Ordenador Portátil	0,0049	1300	6,41
	MA0203	h	Microsoft Office 365	0,0059	99	0,58
	MA0204	h	Tablet Huawei T1 10+ Mediapad	0,0055	223,1	1,22
Coste Directo						338,21
Coste Indirecto 6%						20,29
Total Capítulo 02						358,51

Nº	Código	Unid.	Descripción de las unidades de Obra	μ	Precio €	Importe €
03			INFORME Planteamiento del problema. Análisis de la información y alcance del trabajo. Desarrollo de los objetivos. Elaboración de la memoria del proyecto.			
	MO0301	h	Ingeniero Industrial*	80	15	1200
	MA0302	h	Ordenador Portátil	0,0228	1300	29,68
	MO0302	h	Ingeniero Técnico*	50	10	500
	MA0303	h	Microsoft Office 365	0,0528	99	5,23
Coste Directo						1734,91
Coste Indirecto 6%						104,09
Total Capítulo 03						1839

	Presupuesto de Ejecución Material	5677,76
	Gastos Generales 14%	794,89
	Beneficio Industrial 6%	340,67
	Presupuesto de Ejecución por Contrata	6813,31
	I.V.A 21%	1430,79
	Presupuesto base de licitación	8244,1

2.1 Cuadros de precios descompuestos.

En los cuadros de precios de cada unidad de obra, figuran unidades en concepto de mano de obra, maquinaria y materiales. Cada concepto queda señalado por el código MOOXOX o MAOXOX, siendo mano de obra o maquinaria respectivamente.

Los precios de mano de obra se han obtenido de bases de datos actualizadas de los Ayuntamientos de la Comunidad Valenciana y Murcia (Botella, M., 2017), entre otros, dando así una aproximación real media al salario de un ingeniero y demás personal técnico. Se hace notar que dichas actividades en caso de estar realizadas por el autor de este proyecto quedan reflejadas en el presupuesto acompañadas de un asterisco, pudiendo ser ingeniero técnico, industrial, estadístico o coordinador de personal. Y, en suma, las horas trabajadas por el mismo (señaladas en los cuadros de precios en color verde) son las 300 horas en las que se estima el desarrollo completo del trabajo de fin de grado. De forma que:

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento}(\text{MO0101} + \text{MO0102} + \text{MO0103} + \text{MO0201} + \text{MO0202} + \text{MO0301} + \text{MO0302}) = \\ = 35 + 68 + 45 + 7 + 15 + 80 + 50 = 300 \text{ horas} \end{aligned}$$

Los rendimientos quedan sujetos a cada actividad a la que se refieren, pues han sido calculados a partir de las mismas. Así pues, en cuestiones de mano de obra responden a la cantidad de horas trabajadas. Por otro lado, las unidades de maquinaria se han calculado en concepto de amortización dependiendo de la herramienta utilizada. Todos sus precios han sido consultados en diversas páginas web, y han sido estimados a partir de dichas consultas. Hay que destacar que tanto el ordenador portátil (propio) empleado a lo largo del trabajo, como los programas informáticos (Microsoft Office) y estadísticos (Statgraphics) son susceptibles de cambio en el caso de que estos siempre suplan las funciones para las que han sido empleados en el original. Por último, se ha impuesto un porcentaje de costes indirectos del 6% a todas las unidades de obra. Siendo el motivo principal, los imprevistos, arreglos y retrasos de los que se ha visto perjudicada cada unidad.

2.2 Presupuesto de Ejecución Material

Puesto que los conceptos en los que está estimado el presupuesto, son maquinaria y mano de obra, vemos qué porcentaje total supone cada uno de ellos sobre el presupuesto.

Tabla 40. Porcentajes de presupuestos

Nº de Actividad	Código	Unidades de Obra	Importe €	Porcentaje %
01	ENSAYOS PRÁCTICOS			
	MO0101	525		9,80
	MO0102	1020		19,04
	MA0101	1000,00		18,67
	MA0102	0,01		0,0002
	MA0103	0,01		0,0002
	MO0103	675,00		12,60
	MA0104	38,24		0,71
	MA0105	24,99		0,47
	MO0104	0,00		0,00
%	Mano de Obra realizado por el alumno			41,45
%	Maquinaria			19,85

Nº de Actividad	Código	Unidades de Obra	Importe €	Porcentaje %
02	PRUEBAS DE OPINIÓN			
	MO0201	105		1,96
	MA0201	0		0
	MO0202	225		4,20
	MA0202	6,41		0,12
	MA0203	0,58		0,01
	MA0204	1,22		0,02
%	Mano de Obra realizado por el alumno			6,16
%	Maquinaria			0,15

Nº de Actividad	Código	Unidades de Obra	Importe €	Porcentaje %
03	INFORME			
	MO0301		1200	22,40
	MA0302		29,6803653	0,55
	MO0302		500	9,33
	MA0303		5,22580645	0,10
%	Mano de Obra realizado por el alumno			31,74
%	Maquinaria			0,65

			Porcentaje %
%	Total Mano de Obra realizado por el alumno		79,35
%	Total Maquinaria		20,65

Se puede apreciar que el coste de herramienta, a pesar de poseer un precio unitario muy elevado, no supera el 21% del coste total del presupuesto de ejecución material. Por lo que podemos concluir que los factores determinantes son las horas de trabajo de personal, más concretamente las realizadas por el alumno con casi un 80% del coste total.

2.3 Presupuesto de ejecución por contrata.

Se ha estimado un 14% de gastos generales. Estos corresponderían a gastos generales de la Empresa, gastos financieros, gastos fiscales, tasas de la Administración y demás derivados de las obligaciones del contrato como dicta el Boletín Oficial del Estado en material de obras públicas. Finalmente, se le atribuye un 6% de Beneficio industrial.

2.4 Presupuesto base de licitación.

Añadiendo el impuesto de valor añadido (I.V.A) del 21% el presupuesto total del proyecto es ocho mil doscientos cuarenta y cuatro euros con diez céntimos.

REFERENCIAS

Adjarova, L., Karova, I., Lepinioti, I., y Carslaw, B. (s. f). Transporte para personas con movilidad reducida. *MoMa*, 4.

Aeronova. (s.f.). *Personas con movilidad reducida (PMR)*. Obtenido de www.aeronova.com

Allen, W. et al. (6-8 de 09 de 2000). A Novice Driver Training Experiment using LC PC Simulation Technology. *DSC 2000 International Conference*. París, France.

Aykent, B., Yang, Z., et al. (4-5 de September de 2014). Simulator sickness comparison between a limited field of view virtual reality head mounted display (Oculus) and a Medium Range field of view static ECO2. *Driving Simulation Conference 2014*. Paris, France.

Botella, M. (2017). Proyecto de Parque infantil sobre tanque de tormentas. *Ayuntamiento de San Javier*. San Javier, Murcia.

Botella, M.M. y Alonso, A.M. (10 de Abril de 2017). *Google Forms*. Obtenido de Cuestionario del usuario para la validación del Simulador de Conducción SEERCO.: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd6tMBN_81QPvtqw3DlwPyYeATYxpaRlWPQCjDiyQ0w2SOZQ/viewform?userstoinvite=ana_alonsocano@hotmail.com

CAPI. (2010). Best practice Guideline for Car-adaptationd for Disabled Drivers.

Carot Sánchez, M.T., Clemente Marín, G. y Sanz Juan, J.M. . (2013). *Estadística Básica Para Ingeniería*. Valencia: UPV.

DGT. (2011). *Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020*. Madrid: Dirección General de Tráfico .

DGT. (2016). «Manual descriptivo del protocolo de evaluación», para profesionales. *Autonomía Personal*, 1,2.

Distribuciones de Probabilidad. (s.f.). Obtenido de Statgraphics: <http://www.statgraphics.net/tutoriales/>

Dols, J.F. (2015). *Manual Descriptivo del Protocolo de Evaluación de Conductores con Discapacidad Motora utilizado en España*. Valencia : Dirección General de Tráfico.

IDF. (2016). *Manual de Usuario SoftGesCo - SGC 3.0 "SEERCO - Herramienta experimental para la evaluación de conductores con discapacidades motoras"*. Valencia: UPV.

INE. (4 de Noviembre de 2008). EDAD. *Notas de prensa "Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia "*.

INE. (2008). Panorámica de la discapacidad en España. . *Cifras INE*, 2.



Instituto de Diseño y Fabricación - UPV. (s.f.). *SETRAV*. Obtenido de Servicio Técnico de Reformas de Automóviles de Valencia.: <http://www.setrav.com/index.php/servicios/evaluacion-de-pmr>

Juan, A.A, Sedano, M., Vila, A. y López, A. (S. f.). *Contraste de Hipótesis de Dos poblaciones*. Universitat Oberta de Catalunya.

Leire Pajín. (2010). *Estrategia Española sobre Discapacidad*. Madrid: Real Patronato sobre Discapacidad.

Mueses, H. (2008). Differences between alfa significance level and P value. *R E V I S T A Estomatología*, Volúmen 16 N°1, pag 30.

Ribes Pérez, R. (2012). *Consejos para el trato con personas con discapacidad*. La Rioja: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad.

Sommers, S et al. . (2003). *AGILE - Assesment Methodology and Reference Road Test*.

Statgraphics. (17 de Junio de 2017). Obtenido de <http://www.statgraphics.net/tutoriales/>

Statgraphics. (Junio de 2017). Obtenido de <http://www.statgraphics.net/caracteristicas/>

Terrádez, M. y Juan, A.A. (2003). *Análisis de la Varianza (ANOVA)*. Universitat Oberta de Catalunya.

Universidad Complutense de Madrid. (17 de Junio de 2017). Obtenido de pendientedemigracion.ucm.es:

http://pendientedemigracion.ucm.es/info/socivmyt/paginas/D_departamento/materiales/analisis_datosyMultivariable/19nparam_SPSS.pdf





ANEXOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



A la atención de todas aquellas personas increíbles que quieran colaborar con nuestro proyecto.

Somos dos estudiantes de Ingeniería Industrial en la Universitat Politècnica de València (UPV) que, después de cuatro largos años, por fin estamos en la recta final de nuestra carrera. Para nuestro proyecto de final de grado vamos a realizar un estudio de validación de un simulador de conducción para personas con movilidad reducida. La finalidad de nuestro TFG es, en una primera instancia, facilitar el proceso de obtención de la licencia de conducir para personas con problemas de movilidad. En este proceso a las personas con dificultades en la movilidad, se les presentan distintos obstáculos a diferentes niveles difíciles de sortear.

Nuestra intención es conseguir que el sistema simulador consiga evaluar si el usuario es capaz de conducir y que además le ayude en la selección de las distintas posibles adaptaciones de las que dispone para su vehículo particular. Este proyecto está vinculado con el realizado el curso pasado 2015/2016 por tres compañeros nuestros del grado junto con nuestro actual tutor del TFG, Juan F. Dols. Es gracias a ellos que nos ponemos en contacto con vosotros.

Así pues, para llevarlo a cabo necesitamos la colaboración de un grupo de personas con discapacidades motoras para hacer pruebas con el simulador. Les estaríamos muy agradecidos si considerasen nuestra propuesta y quisieran colaborar con nosotros y dar un paso adelante en la conducción de personas con discapacidades motoras.

Estamos muy ilusionados con este proyecto y tenemos la esperanza de conseguir nuestros objetivos. Si precisan de más información sobre el estudio no duden en contactar con nosotras.

Ana Alonso Cano.

Marta Botella Espeso.



A todas esas personas increíbles que quieran colaborar con nuestro proyecto.

Somos dos estudiantes de Ingeniería Industrial en la Universitat Politècnica de València (UPV) que, después de cuatro años, por fin estamos en la recta final de nuestra carrera. Para nuestro proyecto de final de grado vamos a realizar un estudio de validación de un simulador de conducción para personas con movilidad reducida.

La finalidad de nuestro TFG es, facilitar el proceso de obtención de la licencia de conducir para personas con problemas de movilidad. En este proceso a las personas con dificultades en la movilidad, se les presentan distintos obstáculos a diferentes niveles, difíciles de sortear.

Nuestra intención es conseguir que el sistema simulador consiga evaluar si el usuario es capaz de conducir ahorrándole largos, inciertos y tediosos procesos en los Centros de Reconocimiento de Conductores (CRC's), Tráfico y Sanidad. Además que el simulador le ayude en la selección de las posibles adaptaciones de las que dispone para su vehículo particular.

Así pues, para llevarlo a cabo necesitamos la colaboración de un grupo de personas con discapacidades motoras para hacer pruebas con el simulador. Les estaríamos muy agradecidos si considerasen nuestra propuesta y quisieran colaborar con nosotros y dar un paso adelante en la conducción de personas con discapacidades motoras.

Este proyecto está vinculado con el realizado el curso pasado 2015/2016 por tres compañeros nuestros de grado, junto con nuestro actual tutor del TFG, Juan F. Dols. En dicho trabajo se evaluaron simuladores con adaptaciones de Joysticks de cuatro vías obteniendo resultados muy positivos. Y sobre los cuales este pasado mes de Marzo se publicaron diferentes escritos, encaminándose así, con paciencia, a una realidad, no un mero proyecto.

Queremos seguir estos pasos y poder llegar a participar con nuestro trabajo los días 29 y 30 de Junio de 2017 en las jornadas y talleres de Evaluación de Conductores con Movilidad Reducida (II Edición). Aportando con esto nuestro granito de arena.

Estamos muy ilusionados con este proyecto y tenemos la esperanza de conseguir nuestros objetivos. Si precisan de más información sobre el estudio no duden en contactar con nosotras.

Ana Alonso Cano.

Marta Botella Espeso.

Informe de evaluación de conducción

SESIÓN 1 - 09/06/2017

Informe de evaluación de conducción

[REDACTED]

SESIÓN 1 09/06/2017

DATOS DEL USUARIO:

DNI:

[REDACTED]

Fecha:

[REDACTED]

Nombre:

[REDACTED]

Provincia:

[REDACTED]

Población:

[REDACTED]

Dirección:

[REDACTED]

Teléfono:

[REDACTED]

e-mail:

[REDACTED]

DISCAPACIDADES:

[REDACTED]

PERMISOS CONDUCCIÓN:

B-1 - 1980

Informe de evaluación de conducción



SESIÓN 1 ENSAYO 09/06/2017 12:32:25

Freno

Fuerza en el freno (Con el pie)

-

Comentarios:

PEDAL

239,566 N



Informe de evaluación de conducción



SESIÓN 1 ENSAYO 09/06/2017 12:33:08

Freno

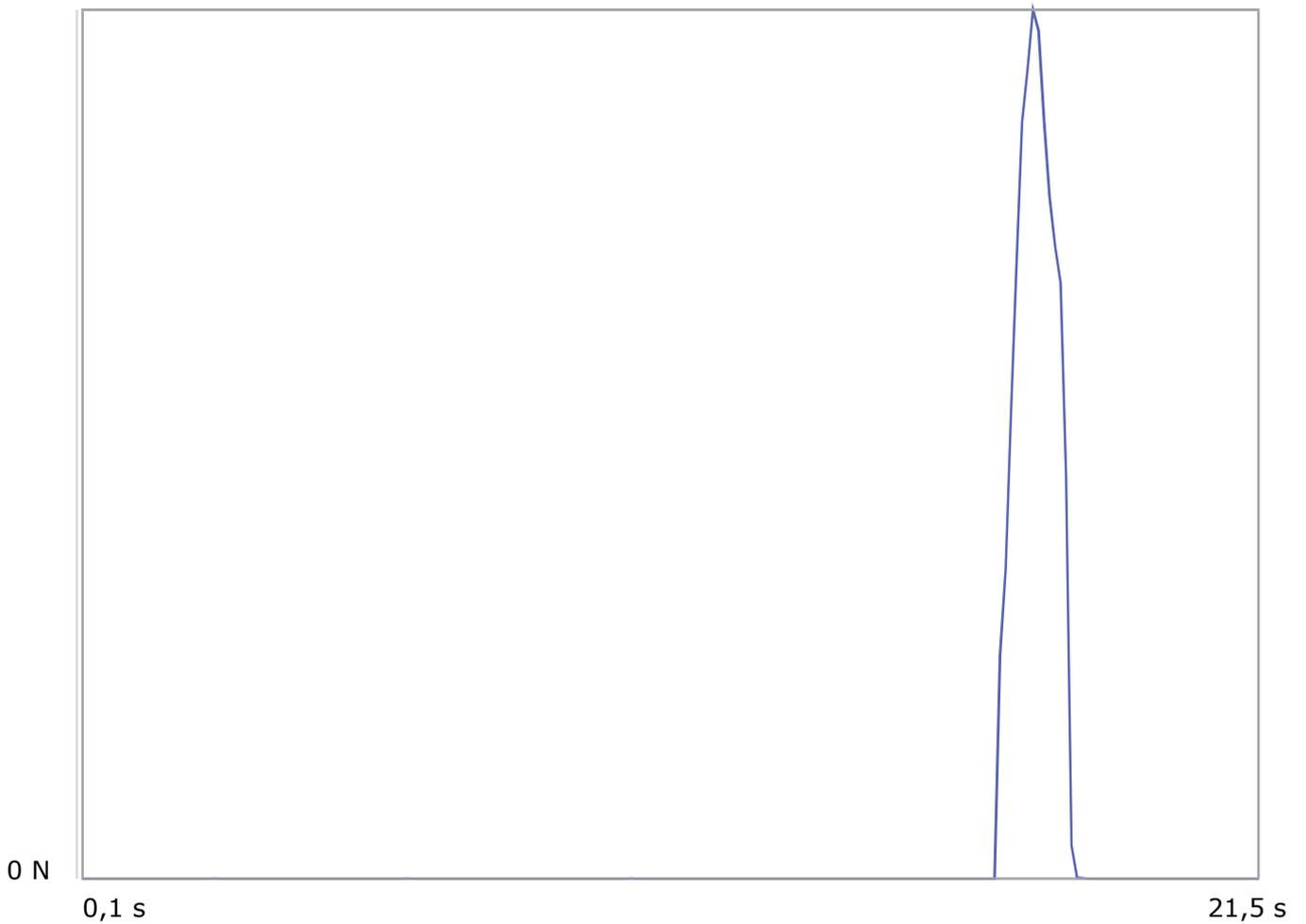
Fuerza en el freno (Con el pie)

-

Comentarios:

PALANCA DE FRENO

237,555 N



Informe de evaluación de conducción

SESIÓN 1 ENSAYO 09/06/2017 12:37:20

Reacción

Tiempo de reacción para frenar (Con el pie preparado en el freno)

-

Comentarios:

PEDAL

RESULTADOS:

Tiempo empleado: 1.100 segundos

Informe de evaluación de conducción

SESIÓN 1 ENSAYO 09/06/2017 12:38:25

Reacción

Tiempo de reacción para frenar (Con el pie presionando el acelerador)

-

Comentarios:

PEDAL

RESULTADOS:

Tiempo empleado: 1.150 segundos

Informe de evaluación de conducción

SESIÓN 1 ENSAYO 09/06/2017 12:40:59

Conducción

Prueba de rampa (Pendiente 10%)

-

Comentarios:

-

RESULTADOS:

Superada

Informe de evaluación de conducción

SESIÓN 1 ENSAYO 09/06/2017 12:43:14

Conducción

Prueba de frenada (Distancia de frenado)

-

Comentarios:

-

RESULTADOS:

Velocidad en marca: 115.760 Km/h

Tiempo de frenado: 3.333 segundos

Distancia de frenado: 65.780 metros

Desplazamiento lateral: 3.420 metros

Colisiones: 0 contactos

CUESTIONARIO DEL USUARIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN MEDIANTE EL SIMULADOR DE CONDUCCIÓN SEERCO.

*Required

DATOS DE CARÁCTER GENERAL.

1. Introduzca su DNI: *

2. ¿Ha realizado ya la encuesta con anterioridad?

Mark only one oval.

- Sí. Skip to question 33.
- No

MOVILIDAD REDUCIDA.

3. ¿Presenta usted algún tipo de limitación relacionada con la movilidad de alguna parte de su cuerpo? *

Mark only one oval.

- Sí.
- No. Skip to question 22.

DATOS ADICIONALES: MOVILIDAD REDUCIDA.

Continúe con ésta sección en caso de que tenga movilidad reducida o alguna dificultad motora.

4. ¿Pertenece a alguna asociación? *

Mark only one oval.

- Sí.
- No.

5. En caso afirmativo, indique cuál:

6. ¿Posee carné de conducir? *

Mark only one oval.

- Sí.
- No.

7. En caso afirmativo, indique la fecha de expedición.

Example: 15 December 2012

8. ¿Tuvo algún problema legal o técnico a la hora de obtener el permiso de conducir? *

Mark only one oval.

- Sí.
- No.

9. ¿Posee restricciones en la conducción recogidas en su carné de conducir?

Mark only one oval.

- Sí.
- No.

10. En caso afirmativo, indique cuáles:

11. ¿Su vehículo posee adaptaciones de mandos?

Mark only one oval.

- Sí.
- No.

12. En caso afirmativo, indique el tipo de adaptaciones:

13. ¿Cuántos años de experiencia posee en la conducción de vehículos adaptados? *

14. ¿Con qué frecuencia conduce?

Mark only one oval.

- Menos de 5 veces por semana.
- Entre 5 y 10 veces por semana.
- Más de 10 veces por semana.

15. ¿Ha tenido algún tipo de accidente o siniestro con su vehículo adaptado?

Mark only one oval.

- Sí.
- No.

16. En caso afirmativo, indique el tipo:

17. ¿Cree que la causa del accidente fueron motivadas por la incorrecta adaptación de los mandos en el vehículo?

Mark only one oval.

- Sí.
- No.

DEFICIENCIAS EN MIEMBROS SUPERIORES.

18. Marque las que posea:

Tick all that apply.

- Parálisis de la mano derecha.
- Parálisis de la mano izquierda.
- Amputación o agenesia de los dedos de la mano derecha.
- Amputación o agenesia de los dedos de la mano izquierda.
- Amputación o agenesia de la mano derecha completa.
- Amputación o agenesia de la mano izquierda completa.
- Debilidad global en la mano derecha.
- Debilidad global en la mano izquierda.
- Parálisis en el brazo derecho, implicando la imposibilidad de flexión del codo.
- Parálisis en el brazo izquierdo, implicando la imposibilidad de flexión del codo.
- Amputación en el antebrazo derecho.
- Amputación en el antebrazo izquierdo.
- Parálisis del brazo derecho (brazo colgante).
- Parálisis del brazo izquierdo (brazo colgante).
- Amputación en el brazo derecho con muñón con gran porción humeral y hábil, o una agenesia que cumpla las mismas condiciones.
- Amputación en el brazo izquierdo con muñón con gran porción humeral y hábil, o una agenesia que cumpla las mismas condiciones.
- Amputación en el brazo derecho con residuo no apto o sin él.
- Amputación en el brazo izquierdo con residuo no apto o sin él.
- Debilidad global en el brazo derecho.
- Debilidad global en el brazo izquierdo.

DEFICIENCIAS EN MIEMBROS INFERIORES.

19. Tick all that apply.

- Distrofia muscular o parálisis del pie derecho.
- Distrofia muscular o parálisis del pie izquierdo.
- Amputación o agenesia en el antepié derecho.
- Amputación o agenesia en el antepié izquierdo.
- Amputación o agenesia en el retropié derecho.
- Amputación o agenesia en el retropié izquierdo.
- Amputación o agenesia a nivel tibial protetizada en la pierna derecha.
- Amputación o agenesia a nivel tibial protetizada en la pierna izquierda.
- Amputación o agenesia a nivel tibial no protetizada en la pierna derecha.
- Amputación o agenesia a nivel tibial no protetizada en la pierna izquierdo.
- Amputación o agenesia a nivel femoral protetizada en la pierna derecha.
- Amputación o agenesia a nivel femoral protetizada en la pierna izquierda.
- Amputación o agenesia a nivel femoral no protetizada en la pierna derecha.
- Amputación o agenesia a nivel femoral no protetizada en la pierna izquierda.
- Desarticulación de cadera derecha.
- Desarticulación de cadera izquierda.
- Parálisis o debilidad muscular severa de la pierna derecha.
- Parálisis o debilidad muscular severa de la pierna izquierda.
- Parálisis o debilidad muscular severa en ambas piernas.

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SUJECIÓN DE LOS MANDOS ADAPTADOS.

20. Señale cuál es el sistema de transmisión idóneo para usted:

Mark only one oval.

- Transmisión manual
- Transmisión Automática

21. Seleccione el lugar del cambio de marchas que más cómodo le resulte

Mark only one oval.

- Lado izquierdo
- Lado derecho
- Sobre el volante (Por ejemplo: pomo electrónico)

TENDENCIA AL MAREO

En esta sección del formulario se atenderán las conclusiones de la tendencia al mareo con el uso del simulador.

22. ¿Tiene carnet de conducir?

Mark only one oval.

- Sí.
- No.

23. ¿Con qué frecuencia tiene mareos? *

Mark only one oval.

- Frecuentemente
- Rara vez
- Nunca

24. ¿Cuál es la frecuencia de uso de un dispositivo de realidad virtual? (P.e Televisión, consolas de entretenimiento, ordenadores, tablets,etc)

Mark only one oval.

- Frecuentemente
- Rara vez
- Nunca

25. ¿Ha tenido mareos en condiciones distintas a las relacionadas con el uso de un dispositivo de realidad virtual? *

Mark only one oval.

- Sí
- No

26. En caso afirmativo, indique bajo que condiciones:

27. ¿Cuál es su susceptibilidad al mareo? *

Mark only one oval.

- Extrema
- Alta
- Moderada
- Baja
- Ninguna

28. ¿Cuáles serían sus posibilidades de enfermar si se encuentra en un experimento donde el 50% de los participantes enferma? *

Mark only one oval.

- Casi seguro que si
- Probablemente
- Casi seguro que no
- Seguramente no

29. ¿Sería voluntario de un experimento donde conociera que...? *

Mark only one oval.

- el 50% de los participantes tuvo mareos
- el 75% de los participantes tuvo mareos
- el 85% de los participantes tuvo mareos
- Ninguna de las tres opciones anteriores

30. ¿Ha tenido alguna enfermedad o herida en el oído acompañada de mareos y/o náuseas? *

Mark only one oval.

- SI
- NO

31. ¿Qué síntomas suele sufrir en las situaciones descritas posteriormente? Marque con una cruz *

Mark only one oval per row.

	Vómitos / otros síntomas estomacales	Náuseas / Mareos	Somnolencia	Vértigo	Dolor de oído	Dolor de cabeza	Ninguno
Avión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Simulador de vuelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Montaña Rusa / Otras atracciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vehículos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Largos viajes en tren o autobús	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ascensores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pantallas de cine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

32. ¿Qué preferencias suele tener en las situaciones descritas? -. P.E: Hacer viajes en avión, me gusta./No me gusta montar en montaña rusa.

Mark only one oval per row.

	Me gusta	Me es indiferente	No me gusta
Avión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Simulador de vuelo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Montaña rusa / Otras atracciones	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vehículos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Largos viajes en tren o autobús	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ascensores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pantallas de cine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD AL MAREO

Indique el grado de intensidad (Escala de valoración 1=MUY BAJO || 5= MUY ALTO)

33. Durante la sesión

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5
Somnolencia	<input type="checkbox"/>				
Confusión	<input type="checkbox"/>				
Fatiga visual	<input type="checkbox"/>				
Aburrimiento	<input type="checkbox"/>				
Dificultad de enfoque	<input type="checkbox"/>				
Fatiga	<input type="checkbox"/>				
Náuseas o mareos	<input type="checkbox"/>				
Dificultad de concentración	<input type="checkbox"/>				
Visión borrosa	<input type="checkbox"/>				
Dolor de cabeza	<input type="checkbox"/>				
Dificultad para respirar	<input type="checkbox"/>				
Malestar general	<input type="checkbox"/>				

34. Tras la sesión

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5
Somnolencia	<input type="checkbox"/>				
Confusión	<input type="checkbox"/>				
Fatiga visual	<input type="checkbox"/>				
Aburrimiento	<input type="checkbox"/>				
Dificultad de enfoque	<input type="checkbox"/>				
Fatiga	<input type="checkbox"/>				
Náuseas o mareos	<input type="checkbox"/>				
Dificultad de concentración	<input type="checkbox"/>				
Visión borrosa	<input type="checkbox"/>				
Dolor de cabeza	<input type="checkbox"/>				
Dificultad para respirar	<input type="checkbox"/>				
Malestar general	<input type="checkbox"/>				

REALISMO - Valoración del realismo virtual de los simuladores testados.

Indique su nivel de acuerdo con las siguientes afirmaciones 1= MUY EN DESACUERDO 5= MUY DE ACUERDO

SIMULADOR SEERCO

46. Los objetos representados en la pantalla contribuyen a crear la sensación de inmersión en el entorno virtual: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

47. La calidad del audio y el volumen de sonido contribuyen a crear la sensación de inmersión en el entorno virtual: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

48. Considero que la representación de los espejos retrovisores (laterales y central) sobre las pantallas es realista: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

49. Considero que existe retraso en el simulador desde el momento en el que he realizado los movimientos hasta que se han visto ejecutados en pantalla:

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

50. Considero que el entorno físico (pantallas, asientos, cambio de marchas, volante, etc) contribuye a crear una atmósfera realista de conducción :

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

SATISFACCIÓN

Visión global del grado de satisfacción.

51. Marque con una cruz según valore su experiencia *

Mark only one oval per row.

	Sí	Indiferente	No
Útil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Agradable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mala	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bonita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Efectiva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Irritante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Indeseable	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

GRADO DE SATISFACCIÓN DEL USUARIO EN CUANTO A:

1= MUY EN DESACUERDO || 5=MUY DE ACUERDO

1. SOFTWARE

52. El realismo de la escena simulada en pantalla fue bueno. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

53. El conjunto del software del simulador es bueno. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

54. El frenado del vehículo fue realista. *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

55. La fuerza aplicada sobre el freno se reflejada de forma realista en pantalla.

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

56. El grado de giro del volante fue realista.

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

57. La fuerza aplicada sobre el volante queda reflejada de forma realista en pantalla.

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

58. Tu tiempo de reacción entra dentro de los límites establecidos. *

Tick all that apply.

- SI
 NO

2. USABILIDAD - VISIÓN GLOBAL DE LA HERRAMIENTA SIMULADOR.

59. Indique según valore su experiencia: *

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5
El sistema simulador es válido para la evaluación de conductores.	<input type="radio"/>				
He tenido problemas para manejar el vehículo.	<input type="radio"/>				
El acceso al simulador es adecuado.	<input type="radio"/>				
El asiento del conductor es confortable.	<input type="radio"/>				
Las adaptaciones son útiles.	<input type="radio"/>				

60. Considero que la experiencia (explicaciones y pruebas) me ha ayudado a entender los fines de la simulación de conducción: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

SIMULADOR SEERCO

61. Considero que las pruebas que puede ofrecer el simulador contribuyen a la determinación de mis habilidades en la conducción: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

62. Considero que el funcionamiento de este sistema de simulación es fácil de asimilar: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

63. Considero que si el simulador continúa en desarrollo podrá cubrir completamente las necesidades a las que está supeditado: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

3. HARDWARE

VISIÓN GLOBAL DE LA HERRAMIENTA SIMULADOR

64. La adaptación y posición del pomo es cómoda.

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

65. La posibilidad de intercambio de pomos me parece útil.

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

66. El conjunto de la adaptaciones empleadas me parece adecuado y versátil.

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

SIMULADOR FIAT-DGT-UPV

SIMULADOR SEERCO

67. El conjunto de mandos y adaptaciones me parece completo: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

68. ¿Que faltaría? *

69. La altura a la está situada de la palanca de freno me parece adecuada: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

70. La amplitud del movimiento (hacia detrás) de la palanca de freno me parece proporcionada: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

71. La fuerza necesaria para accionar la palanca de freno es aceptable: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

72. La fuerza requerida para accionar el volante de dirección me parece adecuada: *

Mark only one oval.

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>				

TFG - OPTIMIZACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE CONDUCTORES CON DISCAPACIDAD MOTORA MEDIANTE EL USO DE SIMULADORES DE CONDUCCIÓN		
PRESUPUESTO		may-17

Nº de Orden	Código	Unidad básica	Descripción de las unidades de Obra	Rendimiento	Precio €	Importe €	% Total
01			ENSAYOS PRÁCTICOS				
			Batería de pruebas realizadas por los voluntarios en virtud de la validación del simulador de conducción SEERCO donde se midieron fuerzas, pares y tiempos. Incluye la búsqueda de sujetos para la realización de las pruebas, así como el análisis estadístico de los datos obtenidos durante las mismas.				
	MO0101	h	Coordinador de personal (yo)	35	15	525	9,80
	MO0102	h	Ingeniero Industrial (yo)	68	15	1020	19,04
			Desarrollo batería de pruebas				
	MA0101	h	Simulador de conducción SEERCO	20,0000	50	1000,00	18,67
	MA0102	h	Adaptación Pomo Simple	0,0009	12,04	0,01	0,00
	MA0103	h	Adaptación Pomo Tetraplejia	0,0009	12,99	0,01	0,00
	MO0103	h	Ingeniero Industrial y estadístico (yo)	45	15	675,00	12,60
			Análisis estadístico de los ensayos empíricos				
	MA0104	h	Statgraphics Centurion X64	0,0235	1630	38,24	0,71
			Software estadístico e instalación.				
	MA0105	l	Transporte y desplazamientos	18,11	1,38	24,99	0,47
	MO0104	h	Informático y técnico responsables del Simulador	80		0,00	0,00
Coste Directo						3283,25	61,30
Coste Indirecto 6%						197,00	
Total Capítulo 01						3480,25	

02			PRUEBAS DE OPINIÓN				
			Desarrollo y redacción del cuestionario de opinión sobre el simulador de conducción, en el programa online GoogleForms. Elaboración del análisis estadístico de las respuestas obtenidas de cada voluntario.				
	MO0201	h	Ingeniero Industrial (yo)	7	15	105	1,96
	MA0201	h	Google Forms	27	0	0	0
	MO0202	h	Ingeniero Industrial -Estadístico (yo)	15	15	225	4,20
	MA0202	h	Ordenador Portátil	0,0049	1300	6,41	0,12
	MA0203	h	Microsoft Office 365	0,0059	99	0,58	0,01
	MA0204	h	Tablet Huawei T1 10+ Mediapad	0,0055	223,1	1,22	0,02
Coste Directo						338,21	6,31
Coste Indirecto 6%						20,29	
Total Capítulo 02						358,51	

03			INFORME				
			Planteamiento del problema. Análisis de la información y alcance del trabajo. Desarrollo de los objetivos y metas futuras. Redacción y elaboración de la memoria del proyecto.				
	MO0301	h	Ingeniero Industrial (yo)	80	15	1200	22,40
	MA0302	h	Ordenador Portátil	0,0228	1300	29,68	0,55
	MA0303	h	Microsoft Office 365	0,0528	99	5,23	0,10
	MO0302	h	Ingeniero Técnico (yo)	50	10	500	9,33
Coste Directo						1734,91	32,39
Coste Indirecto 6%						104,09	
Total Capítulo 03						1839,00	

Presupuesto de Ejecución Material	5677,76
Gastos Generales 14%	794,89
Beneficio Industrial 6%	340,67
Presupuesto de Ejecución por Contrata	6813,31
I.V.A 21%	1430,79
Presupuesto base de licitación	8244,10