



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Programa de Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales

Tesis Doctoral

**UN ENFOQUE NEUROEDUCATIVO EN LA INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS  
DE REALIDAD VIRTUAL EN EL DESARROLLO DE JUEGOS SERIOS:  
CASO DE ESTUDIO EN EL ÁMBITO DE LA SEGURIDAD Y  
PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

Autora:

Janaina Ferreira Cavalcanti

Directores:

Dr. D. Manuel Contero González

Dr. D. David Fonseca Escudero

Diciembre, 2023



## *Agradecimientos*

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a mis directores de tesis, quienes han sido los guías de mis pasos en este viaje académico y mi fuente primordial de inspiración. Sin su orientación, apoyo constante y apasionada dedicación, no habría sido posible culminar mi doctorado. Desde el principio, confiaron en mí, me aceptaron como su alumna y estuvieron siempre dispuestos a brindarme su valiosa ayuda. De esa manera, al profesor doctor Manuel Contero, le agradezco su infinita paciencia, enfoque centrado, profundo conocimiento, su meticulosa atención a cada detalle de esta tesis y su orientación a lo largo de mi trayecto doctoral. Su compromiso ha sido esencial para que este trabajo alcance su máxima excelencia. No podría haber mejor tutor para mi tesis. Y al profesor doctor David Fonseca Escudero, le expreso un agradecimiento especial por su entusiasta apoyo al proyecto, su energía incansable y su disposición para remover obstáculos en mi camino. Su paciencia, motivación, los comentarios perspicaces y consejos siempre orientadores y esclarecedores han sido fundamentales para el éxito de este trabajo. Sin su participación, y principalmente, sin sus enseñamientos, este logro no habría sido posible.

Asimismo, deseo expresar mi gratitud a todos los voluntarios que participaron en los experimentos, así como al Grupo de Investigación sobre Tecnología Educativa (GRETEL) de La Salle- Universitat Ramon Llull, por su generosa colaboración y dedicación.

Al profesor doctor Marcelo Soares y a doctora Laura Martins, les agradezco por sembrar en mí la pasión por la investigación. A Carlos y Gloria, les agradezco por las aportaciones lingüísticas y a Hilde, por hacer todo lo posible para que mis días fueran más fáciles.

Mi más profundo agradecimiento va dirigido a mis padres, hermana, tía y sobrina, quienes siempre han creído en mí y me han apoyado incondicionalmente a lo largo de mi vida, alentándome a perseguir mis sueños.

Un agradecimiento muy especial se lo dedico a Sascha y Lua por sus sonrisas, su apoyo inquebrantable, y por ser mis manos y pies en momentos de necesidad. Ustedes han hecho que todo sea más fácil y hermoso. Gracias, Sascha, por alentarme en los momentos de desesperación, y a Lua, por ser la razón de todo. Este trabajo también les pertenece en gran medida.

A todos, les agradezco de corazón.

## Resumen

Los accidentes laborales pueden generar grandes pérdidas sociales y económicas con consecuencias graves, duras y a veces incluso irreparables para las personas y las empresas. Los datos del Ministerio de Empleo español en 2021 muestran el número de 601.123 accidentes de trabajo con bajas (eso corresponde a uno aumento de 18,9% en comparación el año anterior). Las principales causas señaladas para los comportamientos inseguros y, a menudo, los consiguientes accidentes de trabajo son la falta de conocimientos adecuados y la escasa concienciación sobre el riesgo.

La señalización de seguridad es una herramienta que se utiliza para informar sobre un peligro cuando éste no se puede eliminar o sobre una acción necesaria, pero, aunque estén presentes, a menudo no se visualizan en el momento de un accidente. Por otro lado, los cursos en materia de prevención de riesgos son el medio utilizado para presentar a los individuos los peligros existentes y el comportamiento que se debe adoptar ante ellos. Sin embargo, muchas veces estos cursos son considerados monótonos e ineficaces por sus receptores. Los avances tecnológicos están haciendo posible una serie de mejoras en el planteamiento de estos cursos, que además no implica un sobre coste económico demasiado elevado.

Esta tesis estudia el uso de los avances tecnológicos como herramienta para mejorar el comportamiento humano ante una situación de riesgo. Con ella se busca promover el correcto comportamiento del usuario ante situaciones críticas haciendo uso de tecnologías digitales para su entrenamiento proponiendo conceptos metodológicos innovadores para la formación.

Las hipótesis de partida son: (1) El uso de herramientas tecnológicas de realidad virtual inmersiva y de variables de señalización de seguridad junto con los juegos serios y la manipulación de emociones impactan, enriquecen y tornan más eficiente la formación de seguridad y prevención de riesgos laborales; (2) El uso de variables tecnológicas en señalización de seguridad en un entorno estresante puede hacerlas más eficientes y perceptivas; (3) El perfil y experiencia del usuario puede influir en su comportamiento en relación con la seguridad y ésta, a su vez, con la percepción de las señales.

Se plantean tres líneas principales de investigación:

(1) Evaluar la señalización de seguridad, su naturaleza y sus cambios en los últimos tiempos;

(2) Evaluar el perfil etnográfico, las características del usuario que pueden llegar a influir en su comportamiento (perfil de usuario, tecnológico, emocional y cognitivo). Determinar la correlación entre emociones, experiencia, satisfacción, señalización para mejorar la prevención del riesgo;

(3) Probar la usabilidad, la experiencia emocional y motivación de los juegos serios inmersivo-virtuales y las variables de señalización. Evaluar los resultados obtenidos con su uso.

El desarrollo de la tesis se llevó a cabo en cuatro etapas principales: (1) revisión sistemática de literatura; (2) aplicación de la metodología de co-creación para el diseño del entorno de realidad virtual utilizado en la parte experimental; (3) estudio mixto con especialistas y (4) estudio cuantitativo con usuarios.

La revisión bibliográfica nos permitió identificar la actividad investigadora previa sobre el tema. Para la búsqueda se utilizaron plataformas como Google Scholar, Scopus, Web of Science y revistas relacionadas con la ingeniería y tecnología. Se investigó el umbral de relación de las tecnologías digitales y la educación; las nuevas tecnologías y las señales de seguridad; el comportamiento humano en entornos estresantes; la realidad virtual y su relación con las emociones. La revisión nos permitió conocer a fondo los trabajos previos relacionados con el ámbito de la tesis y poder detectar nuevas contribuciones que orientasen el trabajo de la tesis.

Por último, se realizó un estudio cuantitativo con 50 usuarios en entorno virtual. Esto nos permitió comprobar el impacto de las tecnologías aplicadas en los distintos perfiles de usuario, señalando una mejor atención en los usuarios con perfil explorador. En esa fase se comprobó la importancia de la interactividad con los usuarios, siendo el hecho de poder afrontar los peligros encontrados de manera muy similar al de la realidad uno de los puntos mejor valorados de la experiencia.

En virtud de los experimentos desarrollados, se concluye que, aunque las variables de la señalización influyen en su percepción dentro del entorno, la disposición que es más adecuada genera más recuerdo. En cuanto al comportamiento, la señalización dinámica es capaz de producir un grado de atención similar al de la visualización del peligro. En cuanto al recuerdo, se percibió que una acción recurrente de toma de decisión es más eficaz que la ejecución de una tarea en cumplimiento de una señal de obligación. Este último resultado es muy valioso para la formación en prevención de riesgos y está en consonancia con la metodología constructivistas. La imagen volvió a mostrar su alto grado de relevancia en el

proceso de comunicación, ya que la mayoría de los usuarios solo miraron el pictograma del cartel, teniendo en cuenta la presión del tiempo.

Como principales contribuciones, en primer lugar, hay que señalar que se ha desarrollado un entorno virtual inmersivo válido para mejorar el comportamiento del usuario en una situación de riesgo, así como para evaluar los impactos que elementos novedosos en la señalización pueden tener sobre ese comportamiento. Además, se ha desarrollado un protocolo guía para el diseño e implementación de señales de seguridad que permitan alcanzar un alto grado de eficacia en una situación de alta carga cognitiva y una serie de recomendaciones a seguir para el diseño de entornos virtuales gamificados con fines formativos en prevención de riesgos laborales.

## *Abstract*

Accidents can generate significant social and economic losses with severe, harsh, and sometimes even irreparable consequences for individuals and companies. Data from the Spanish Ministry of Employment in 2021 show the number of 601.123 occupational accidents with lost time injuries (this corresponds to an increase of 18,9% compared to the previous year). The leading causes of unsafe behaviors and, often, the resulting accidents at work are the lack of adequate knowledge and low-risk awareness.

Safety signals are tools used to inform about a hazard when it cannot be eliminated. Still, even when they are present, they are often not visualized at the time of an accident. Another point to consider is the risk prevention courses which introduce individuals to existing hazards and the behavior to adopt when faced with them. However, these courses are deemed monotonous and ineffective by their audience. Technological evolution is making possible a series of improvements in the approach of these courses, which also do not imply too high economic cost.

This thesis studies the use of technological advances as a tool to improve human behavior in risky situations. It seeks to promote the correct behavior of the user in a critical condition by using digital technologies for training and proposing an innovative methodological concept for training.

The starting hypothesis are: (1) The use of immersive virtual reality technological tools and safety signaling variables, together with serious games and the manipulation of emotions, can impact, enrich and turn Safety and Occupational Risk Prevention training more efficient; (2) The use of technological variables in safety signaling in a stressful environment can make them more efficient and perceptive; (3) The user's profile and experience can influence his behavior concerning safety and this, as a consequence with the perception of the signals.

Three main lines of research are proposed:

- (1) Evaluate security signage, its nature, and its changes in recent times;
- (2) Evaluate the ethnographic profile and user characteristics that may influence their behavior (user, technological, emotional, and cognitive profile). Determine the correlation between emotions, experience, satisfaction, and signaling to improve risk prevention;

(3) Test the usability, emotional experience, and motivation of immersive virtual serious game and signaling variables. Evaluate the results obtained with the use of the same.

The development of the thesis was carried out in four main stages: (1) systematic literature review; (2) application of the co-creation methodology for the design of the Virtual Reality environment used in the experimental part; (3) mixed study with specialists, and (4) a quantitative study with users.

The literature review allowed us to identify previous research activity on the subject. Platforms such as Google Scholar, Scopus, Web of Science, and journals related to engineering and technology were used for the search. It was investigated the relationship threshold of digital technologies and education; new technologies and safety signals; human behavior in stressful environments; virtual reality, and its relationship with emotions. The review allowed to understand in depth the previous works related to the scope of the thesis and to detect new contributions to guide the work of the thesis.

For the co-creation, design jam techniques were used with specialists from different areas related to our studies and user experience evaluation to proceed with redesigning the virtual environment. As a result, an immersive accident simulation model was developed that allows the user to engage in various configurations of cognitive load experiences similar to those of an accident but without harming the user.

The third phase was a mixed study in a scenario with professionals. The result showed that it is possible for technological advances to improve user behavior, as well as to provide us with information for model optimization in different scenarios and other user profiles.

For the last phase, a quantitative study was carried out with 50 users in the simulation. This allowed us to verify the impact of the technologies applied in the different user profiles, pointing out better attention in the users with explorer gamer profiles. At this moment, interactivity's importance was proven, as the action to solve dangers in VR was highlighted as the best of the experience.

Furthermore, the experiments demonstrated that the variables of the signage influence perception, and the most appropriate disposition generate more recall. In terms of behavior, dynamic signaling can produce a degree of attention similar to hazard visualization. Concerning the call-up, it was perceived that a decurrent decision-making action is more efficient than executing a task in compliance with mandatory signs. This last result is valuable for risk

prevention training purposes and aligns with the constructivist methodology. The image again shows its high degree of relevance in the communication process since a large part of the users only looked at the pictograms on the poster, keeping in mind the time pressure.

As main contributions, firstly, it should be noted that an immersive virtual environment has been developed to improve user behavior in a risk situation and evaluate the impacts that novel elements in signaling can have on human behavior. In addition, a guiding protocol has been developed for the design and implementation of safety signs to achieve a high degree of effectiveness in a situation of high cognitive load, and a series of recommendations to be followed for the design of gamified virtual environments for training purposes in occupational risk prevention.

## Resum

Els accidents laborals poden generar grans pèrdues socials i econòmiques amb conseqüències greus, dures i a vegades fins i tot irreparables per a les persones i les empreses. Les dades del Ministeri d'Ocupació espanyola en 2021 mostren el número de 601.123 accidents de treball amb baixes (això correspon a un augment de 18,9% en comparació l'any anterior). Les principals causes assenyalades per als comportaments insegurs i, sovint, els consegüents accidents de treball són la falta de coneixements adequats i l'escassa conscienciació sobre el risc.

La senyalització de seguretat és una eina que s'utilitza per a informar sobre un perill quan aquest no es pot eliminar o sobre una acció necessària, però, encara que siguem presents, sovint no es visualitzen en el moment d'un accident. D'altra banda, els cursos en matèria de prevenció de riscos són el mitjà utilitzat per a presentar als individus els perills existents i el comportament que s'ha d'adoptar davant ells. No obstant això, moltes vegades aquests cursos són considerats monòtons i ineficaços pels seus receptors. Els avanços tecnològics estan fent possible una sèrie de millores en el plantejament d'aquests cursos, que a més no implica un sobre cost econòmic massa elevat.

Aquesta tesi estudia l'ús dels avanços tecnològics com a eina per a millorar el comportament humà davant una situació de risc. Amb ella es busca promoure el correcte comportament de l'usuari davant situacions crítiques fent ús de tecnologies digitals per al seu entrenament proposant conceptes metodològics innovadors per a la formació.

Les hipòtesis de partida són: (1) L'ús d'eines tecnològiques de realitat virtual immersiva i de variables de senyalització de seguretat juntament amb els jocs seriosos i la manipulació d'emocions impacten, enriqueixen i tornen més eficient la formació de seguretat i prevenció de riscos laborals; (2) L'ús de variables tecnològiques en senyalització de seguretat en un entorn estressant pot fer-les més eficients i perceptives; (3) El perfil i experiència de l'usuari pot influir en el seu comportament en relació amb la seguretat i aquesta, al seu torn, amb la percepció dels senyals.

Es plantegen tres línies principals d'investigació:

(1) Avaluat la senyalització de seguretat, la seua naturalesa i els seus canvis en els últims temps;

(2) Avaluar el perfil etnogràfic, les característiques de l'usuari que poden arribar a influir en el seu comportament (perfil d'usuari, tecnològic, emocional i cognitiu). Determinar la correlació entre emocions, experiència, satisfacció, senyalització per a millorar la prevenció del risc;

(3) Provar la usabilitat, l'experiència emocional i motivació dels jocs seriosos immersius virtuals i les variables de senyalització. Avaluar els resultats obtinguts amb el seu ús.

El desenvolupament de la tesi es va dur a terme en quatre etapes principals: (1) revisió sistemàtica de literatura; (2) aplicació de la metodologia de co-creació per al disseny de l'entorn de realitat virtual utilitzat en la part experimental; (3) estudi mixt amb especialistes i (4) estudi quantitatiu amb usuaris.

La revisió bibliogràfica ens va permetre identificar l'activitat investigadora prèvia sobre el tema. Per a la cerca es van utilitzar plataformes com Google Scholar, Scopus, Web of Science i revistes relacionades amb l'enginyeria i tecnologia. Es va investigar el llinar de relació de les tecnologies digitals i l'educació; les noves tecnologies i els senyals de seguretat; el comportament humà en entorns estressants; la realitat virtual i la seua relació amb les emocions. La revisió ens va permetre conèixer a fons els treballs previs relacionats amb l'àmbit de la tesi i poder detectar noves contribucions que orientaren el treball de la tesi.

Per a la co-creació es van utilitzar tècniques de “design jam” amb especialistes de diferents àrees relacionades amb els nostres estudis i avaluació d'experiència de l'usuari per a procedir al redisseny de l'entorn virtual. Com a resultat, es va desenvolupar un model de simulació d'accidents immersiu que permet a l'usuari involucrar-se en diverses configuracions d'experiències de càrrega cognitiva similars les d'un accident sense perjudicar-lo.

La tercera fase és un estudi mixt en un escenari amb professionals. Els resultats van mostrar que és possible que els avanços tecnològics milloren el comportament dels usuaris, així com que ens proporcionen informació per a l'optimització de l'entorn en diferents escenaris i per a diferents perfils d'usuaris.

Finalment, es va realitzar un estudi quantitatiu amb 50 usuaris en entorn virtual. Això ens va permetre comprovar l'impacte de les tecnologies aplicades en els diferents perfils d'usuari, assenyalant una millor atenció en els usuaris amb perfil explorador. En aqueixa fase es va comprovar la importància de la interactivitat amb els usuaris, sent el fet de poder afrontar

els perills trobats de manera molt similar al de la realitat un dels punts més ben valorats de l'experiència.

En virtut dels experiments desenvolupats, es conclou que, encara que les variables de la senyalització influeixen en la seua percepció dins de l'entorn, la disposició que és més adequada genera més record. Quant al comportament, la senyalització dinàmica és capaç de produir un grau d'atenció similar al de la visualització del perill. Quant al record, es va percebre que una acció recurrent de presa de decisió és més eficaç que l'execució d'una tasca en compliment d'un senyal de obligació. Aquest últim resultat és molt valuós per a la formació en prevenció de riscos i està d'acord amb la metodologia constructivistes. La imatge va tornar a mostrar el seu alt grau de rellevància en el procés de comunicació, ja que la majoria dels usuaris només van mirar el pictograma del cartell, tenint en compte la pressió del temps.

Com a principals contribucions, en primer lloc, cal assenyalar que s'ha desenvolupat un entorn virtual immersiu vàlid per a millorar el comportament de l'usuari en una situació de risc, així com per a avaluar els impactes que elements nous en la senyalització poden tindre sobre aqueix comportament. A més s'ha desenvolupat un protocol guia per al disseny i implementació de senyals de seguretat que permeten aconseguir un alt grau d'eficàcia en una situació d'alta càrrega cognitiva i una sèrie de recomanacions a seguir per al disseny d'entorns virtuals ludificats amb finalitats formatius en prevenció de riscos laborals.

## Índice General

Agradecimientos .....	III
Resumen .....	IV
Abstract .....	VII
Resum .....	X
Índice General .....	XIII
Índice de Figuras .....	XVI
Índice de Tablas .....	XVIII
Capítulo 1: Introducción .....	20
1.1 Contexto, motivación y justificación .....	20
1.2 Hipótesis, preguntas de investigación y objetivos .....	26
1.3 Metodología .....	28
1.4 Estructura de la tesis .....	31
1.5 Contribuciones .....	34
Capítulo 2: Revisión de la literatura .....	37
2.1 Tecnología, aprendizaje y conocimiento .....	38
2.1.1 La Realidad Virtual y los dispositivos móviles .....	43
2.1.2 Emociones y presencia .....	47
2.1.3 Ergonomía de la experiencia inmersiva .....	51
2.1.4 Juegos Serios, aprendizaje basado en juegos y gamificación .....	55
2.1.5 Los juegos serios virtuales inmersivos .....	60
2.1.6 El perfil del jugador .....	64
2.2 Seguridad laboral .....	66
2.2.1 Percepción y comunicación del riesgo .....	68
2.2.2 Comportamiento humano y toma de decisiones .....	72
2.2.3 Entrenamiento .....	74
2.2.4 Señalética de seguridad .....	75
2.2.5 Tipología de las señales .....	78
2.2.6 Normas, guías y usos .....	85
2.2.7 El uso de nuevas tecnologías en señalética .....	87
2.2.8 Señalética dinámica .....	89
2.2.9 Carteles inteligentes .....	91
2.2.10 Interacción de la señalización y usuarios: ergonomía cognitiva e informativa .....	93
2.2.11 Cognición, información y procesamiento .....	96
2.2.12 Visibilidad .....	99
2.2.13 Percepción de las señales .....	99
2.2.14 Atención .....	101
2.2.15 Interpretación .....	102
2.2.16 Intención de comportamiento y obediencia .....	102
2.2.17 Memoria y recuerdo .....	103
2.3. Usabilidad y la experiencia del usuario .....	104
2.3.1 Evaluación de usabilidad .....	105
2.3.2 Evaluación de usabilidad en RV .....	107
2.3.3 Evaluaciones metodológicas .....	109
2.4 Conclusiones .....	111
Capítulo 3: Desarrollo del juego inmersivo formativo: diseño centrado en el usuario .....	114
3.1 The Sphere & Shield Maze Task: el entorno de base .....	115
3.1.1. Señales de seguridad utilizadas .....	118
3.1.2 Estudio Piloto .....	121

3.1.3 Resultados del estudio piloto.....	122
3.1.4 Conclusiones del estudio piloto.....	124
3.2 Juego inmersivo formativo: el proceso creativo.....	124
3.2.1 Design <i>Jam</i> .....	124
3.2.2 Datos recogidos y resultados .....	125
3.2.3 Conclusiones y requisitos.....	126
3.3 Creación del juego inmersivo formativo .....	127
3.3.1 Elección del motor de juego: Unity vs. Unreal.....	127
3.3.2 El entorno virtual .....	128
3.3.3 La narrativa .....	129
3.3.4 Las señales y los riesgos .....	130
3.3.5 Sala de entrenamiento .....	131
3.3.6 Laberinto .....	133
3.3.7 Usabilidad de inspección.....	133
3.3.8 Resultados y discusión.....	134
3.4 Conclusiones sobre el desarrollo del juego inmersivo .....	137
Capítulo 4: Game for Safety: un enfoque mixto.....	138
4.1 Métodos y materiales .....	140
4.1.1 Equipos.....	141
4.2 Participantes.....	142
4.3 El entorno virtual.....	144
4.4 El protocolo experimental.....	148
4.5 Resultados .....	151
4.6 Conclusiones.....	160
Capítulo 5: Señalética de seguridad, realidad virtual y perfil jugador: un estudio cuantitativo .....	163
5.1 Entorno virtual.....	166
5.1.1 Pasillo sala de entrenamiento .....	168
5.1.2 Salón Principal.....	171
5.1.3 Señales .....	175
5.2 Equipos .....	177
5.3 Experimentación .....	178
5.3.1 Prueba Piloto.....	181
5.3.2 Métodos y Procedimientos .....	181
5.3.3 Participantes .....	184
5.4 Resultados .....	186
5.4.1 Datos recolectados .....	187
5.4.2 Resultado Percepción .....	190
5.4.3 Resultado Atención.....	196
5.4.4 Resultado comprensión y recuerdo.....	203
5.4.5 Resultado satisfacción: .....	205
5.4.6 Resultado comportamiento / conducta.....	206
5.5 Conclusiones.....	207
Capítulo 6: Protocolo de señalización de seguridad y de simulador de realidad virtual.....	211
6.1 Protocolo de señalética de seguridad de trabajo .....	211
6.1.1 Ubicación.....	211
6.1.2 Estructura y configuración .....	213
6.1.3 Tecnología. ....	219
6.2 Protocolo para el diseño de juegos serios inmersivos para seguridad de trabajo.....	221
6.3 Conclusiones.....	224
Capítulo 7: Conclusiones y futuros trabajos .....	226
7.1 Contribuciones .....	228

7.2 Limitaciones.....	238
7.3 Trabajos Futuros .....	239
Referencias bibliográficas .....	241
Apéndices .....	278
Apéndice 1: Estudio Cualitativo.....	278
Pre-test.....	278
Bipolar Laddering Assessment.....	291
Post-test .....	292
Apéndice 2: Estudio Cuantitativo .....	298
Pre-test.....	298
Post-test .....	307
Estadísticas.....	311
Apéndice 3: Infografía de la Metodología .....	312

## Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama esquemático del flujo de desarrollo de la investigación.....	34
Figura 2. Esquema del marco teórico .....	38
Figura 3. Uso de la tecnología de Realidad Virtual en Ford .....	44
Figura 4. Pirámide de elementos de la gamificación.....	57
Figura 5. Panel foto luminoso en uso.....	80
Figura 6. Clasificación de los mensajes .....	80
Figura 7. Icono x símbolo (Cavalcanti, 2003) .....	82
Figura 8. Pictograma abstracto.....	83
Figura 9. Imagen descriptiva, prescriptiva y proscriptiva.....	83
Figura 10. Pictograma riesgo, consecuencia e instrucción (Laughery, 2006). .....	83
Figura 11. Pósters (Fundación Laboral de la Construcción; Int. Inst. of Social History).....	84
Figura 12. Mapa de riesgo .....	85
Figura 13. Señal luminosa x Señal dinámica con intermitente luminoso.....	89
Figura 14. Pantallazo de la aplicación RescueMe en uso (Ahn & Han, 2011) .....	92
Figura 15. Sistema Hombre- Mensaje Visual (Cavalcanti,2003) .....	94
Figura 16. Vista del laberinto (Fonseca et al., 2021) .....	115
Figura 17. Peligros: fuego, precipicio, suelo mojado con las karmas-esferas. ....	116
Figura 18. Sala de entrenamiento entorno 1 (Soler-Domínguez et al., 2020) .....	117
Figura 19. Las señales y su plano de ubicación. ....	120
Figura 20. Captura de pantalla del inicio del simulador. ....	122
Figura 21. Configuración para flexibilidad del entorno (Fonseca et al., 2021a) .....	128
Figura 22. Elementos con características similar a oficina.....	128
Figura 23. <i>Feedback</i> recompensa de tiempo ganado. ....	130
Figura 24. Riesgos y señalización .....	130
Figura 25. Sala de entrenamiento y entorno principal al final. ....	131
Figura 26. Vista superior del entorno .....	133
Figura 27. Porcentaje de edad de los participantes .....	143
Figura 28. Gráfico de frecuencia de uso de tecnología 3D y su finalidad .....	143
Figura 29. Disposición de los riesgos y señaléticas en el laberinto principal.....	145
Figura 30. Ejemplo de peligros presentes en el entorno. ....	146
Figura 31. Usuarios en la fase de inmersión.....	150
Figura 32. Ejemplo de grabación de acciones del usuario en el entorno. ....	155
Figura 33. Gráfico de molestias cibernéticas.....	155
Figura 34. Explicación extintor y fregona.....	169
Figura 35. Transición entrenamiento al salón principal. ....	169
Figura 36. Pasillo de entrenamiento .....	171
Figura 37. Diagrama de riesgos y material de oficina .....	171
Figura 38. Ubicación de las señales en el entorno 2.....	172
Figura 39. Herramientas del salón principal.....	173
Figura 40. Los peligros .....	175
Figura 41. Esquema del sistema de inmersión utilizado .....	178
Figura 42. Usuarios en la fase de inmersión.....	183
Figura 43. Distribución de la muestra por edad .....	184
Figura 44. Escolaridad de los participantes. ....	184
Figura 45. Perfil de jugador los participantes. ....	186
Figura 46. Resumen Presencia conductual en los puntos determinados .....	187
Figura 47. Percepción de las señales. ....	191
Figura 48. Percepción de las señales con relación a la presencia del peligro. ....	193

Figura 49. Curva Yerkes y Dodson (Anaya-Durand & Anaya-Huertas, 2010). .....	193
Figura 50. Box Plot percepción perfil jugador .....	194
Figura 51. Atención Selectiva: tiempo de mirada previo al comportamiento consonante .....	197
Figura 52. Atención Selectiva: variabilidad de tiempo suelo y pared .....	198
Figura 53. Box Plot atención selectiva suelo y pared .....	198
Figura 54. Box plot atención selectiva de los distintos perfiles jugador. ....	199
Figura 55. Gráfica Violín de tiempo antes de la acción del usuario .....	202
Figura 56. Consistencia de la muestra cuanto a atención dividida.....	203
Figura 57. Satisfacción del usuario.....	205
Figura 58. Satisfacción del usuario: disposición de los LED .....	206
Figura 59. Ejemplo de disposición de señal cerca del peligro. ....	212
Figura 60. Señal con fondo amarillo y fondo blanco (más contraste) .....	215
Figura 61. Uso de cascos: pictograma no normatizado vs. normatizado ISO .....	215
Figura 62. Ejemplo de imagen abierta (izquierda) y cerrada (derecha) .....	216
Figura 63. Señalética pictograma y texto, señalética pictograma .....	216
Figura 64. Fuente serif; cursiva y fuente sans serif (más indicada para carteles de seguridad) .....	217
Figura 65. Texto no-explicito vs. explicito (Laughery, 2006) .....	217
Figura 66. Texto formato párrafos continuos vs. texto formato lista. ....	218
Figura 67. Señalética con LED's, con bordas gruesas, sin bordes.....	220

## Índice de Tablas

Tabla 1. Resumen de los artículos con IVRSG elegibles. ....	61
Tabla 2. Principales referencias acerca de Percepción de Riesgos .....	70
Tabla 3. Clasificación de las señales ópticas. Fuente: ver pie de página. ....	79
Tabla 4. Colores de seguridad y su significado de acuerdo con RD 485/1997 .....	81
Tabla 5. Principales normativas sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.....	85
Tabla 6. Resumen del contenido de las normativas .....	86
Tabla 7. Variables intrínsecas capaces de influenciar en la efectividad de la señalética.....	97
Tabla 8. Resumen de las variables intrínsecas hombre-señalética y su evaluación. ....	98
Tabla 9. Dimensiones evaluación usabilidad .....	106
Tabla 10. Señales utilizadas, clasificadas por tipo de cognición. ....	119
Tabla 11. Valoración del SSMT.....	123
Tabla 12. Ejemplos de tipos de señales .....	132
Tabla 13. Inspección de usabilidad con expertos y comentarios más relevantes en cada categoría ....	136
Tabla 14. Resumen de métricas .....	141
Tabla 15. Variables de señales evaluadas .....	147
Tabla 16. Media por factor de cada usuario resultante de escala WSA .....	151
Tabla 17. Datos de experiencia previa con accidentes por usuario.....	152
Tabla 18. Intención de comportamiento y atención a señalética.....	152
Tabla 19. Media y desviación estándar de comportamiento seguro de los participantes. ....	152
Tabla 20. Percepción y obediencia por participante. U1-U10: usuarios. ....	153
Tabla 21. Comentarios y comportamientos durante el experimento. U1-U10: usuarios. ....	154
Tabla 22. BLA: PCx y PPx del juego y variables de las señales.....	156
Tabla 23. BLA: NCx y NPx del juego y variables de las señales.....	157
Tabla 24. Comentarios de los participantes acerca del Game for Safety en la entrevista BLA .....	158
Tabla 25. Datos recogidos acerca del Reloj de Tiempo durante el BLA.....	159
Tabla 26. Soluciones comunes y particulares apuntadas para los elementos negativos y positivos. ....	159
Tabla 27. Cuadro comparativo en el pasillo de entrenamiento por versión de entorno .....	170
Tabla 28. Condiciones experimentales.....	176
Tabla 29. Soluciones aportadas en el nuevo entorno .....	176
Tabla 30. Variables experimentales.....	179
Tabla 31. Media, medianas y normalidad da presencia conductual .....	188
Tabla 32. Resumen de las variables evaluadas t-Student para SSQ.....	189
Tabla 33. Teste de normalidad para SSQ.....	189
Tabla 34. Homogeneidad SSQ .....	189
Tabla 35. Molestias cibernéticas .....	190
Tabla 36. Test Shapiro-Wilch para percepción.....	191
Tabla 37. Tabla Kruskal- Wallis.....	192
Tabla 38. Comparación de pares .....	192
Tabla 39. Estadística descriptiva perfil jugadores .....	194
Tabla 40. Test homogeneidad perfil jugador .....	195
Tabla 41. Varianza perfil jugador .....	195
Tabla 42. Games-Howell Post-Hoc percepción.....	196
Tabla 43. Resumen análisis estadística Atención Selectiva .....	197
Tabla 44. Resumen evaluación Kruskal-Wallis. ....	199
Tabla 45. Kruskal-Wallis: respuesta y perfil jugador .....	200
Tabla 46. Descriptiva atención selectiva: por perfil jugador .....	200
Tabla 47. Comparación de pares atención selectiva .....	200
Tabla 48. Atención Dividida: tiempo mirada previo al comportamiento consonante .....	201
Tabla 49. Significancia estadística atención dividida .....	202

Tabla 50. Análisis descriptivo: atención dividida perfil jugador .....	203
Tabla 51. Media de menciones de recuerdo .....	204
Tabla 52. Recuerdo perfil jugador .....	204
Tabla 53. Tabla de contingencia: satisfacción de los usuarios .....	205
Tabla 54. Descripción estadística perfil jugador usuario.....	207
Tabla 55. Relación tamaño y distancia de los paneles .....	212
Tabla 56. Agrupación de la información .....	214
Tabla 57. Psicología de colores.....	218
Tabla 58. Resumen de factores en información de seguridad y cambios de comportamientos. ....	230

# Capítulo 1: Introducción

## 1.1 Contexto, motivación y justificación

Maruejouis & Chopinaud (2013) estimaron que cada 3,5 segundos un trabajador europeo se ve obligado a quedarse en casa durante al menos 3 días por estar involucrado en un accidente laboral. Más grave que esto, es imaginar que sólo en España un número de 611 vidas se verían interrumpidas sólo en 2020 como consecuencia de este tipo de accidentes (ATR -2021).

Aunque es un tema de gran preocupación por parte de las empresas y de la administración pública, los datos estadísticos relativos a la siniestralidad laboral son cada año más preocupante. Recientes estudios apuntan a una mayor relación entre los accidentes y las prácticas laborales inseguras de los trabajadores que con las condiciones de trabajo (Mullen, 2004; Garavan & O'Brien, 2001). El comportamiento inseguro debe considerarse como una combinación de factores organizativos y sociales, que incluyen tanto aspectos humanos como técnicos implicados en el trabajo. En 2015, Choundry & Fang apud (Le et al., 2015) mencionan que los trabajadores desarrollan comportamientos inseguros como consecuencia de la falta de conocimientos básicos sobre seguridad y concienciación. La detección de peligros, las reacciones de defensa y ejecución de medidas adecuadas son cruciales para la supervivencia (Armony & Dolan, 2002). Teniendo estos aspectos en cuenta, es importante evaluar e intentar mejorar las herramientas de entrenamiento de seguridad y comunicación de riesgo. Además, es importante adaptar la tecnología existente e intentar aprovechar las posibilidades que ofrecen los avances tecnológicos.

La prevención de riesgos laborales tiene como objetivo garantizar la integridad física y mental del trabajador, proporcionando un entorno en el que los accidentes y los riesgos sean eliminados o controlados, y que las condiciones de trabajo sean las adecuadas. Es, por lo tanto, un tema de gran relevancia para la sociedad, ya que los daños a la seguridad pueden generar

grandes costes financieros y sociales con consecuencias graves y a veces incluso irreparables para las personas y las empresas. A pesar de ello, en el año 2000, menos del 1% de la investigación organizativa se centró en cuestiones relacionadas con la seguridad y la salud en el trabajo (Mullen, 2004), una estadística muy baja si se tienen en cuenta las consecuencias de los incidentes y accidentes asociados a este tema. Dentro de la seguridad laboral, la señalización de seguridad suele ser un elemento importante para informar sobre un peligro, cuando este no puede eliminarse, o sobre una acción necesaria, mientras que la formación sobre riesgos suele ser una herramienta para reducir los accidentes.

Según Chen et al. (2018), la señalización de seguridad está diseñada para advertir y reducir los comportamientos inseguros. Por otro lado, Schmuntzsch et al. (2014) centraron su utilidad en la prevención de errores. Pero para cumplir bien su función, tiene que influir en las personas para que actúen de forma que se eviten lesiones personales y daños a la propiedad. Investigaciones anteriores indican que muchos símbolos de advertencia no se entienden bien (Dejoy, 1989 apud Adams et al., 1998; Lesch, 2008a). En 2001 Hendrick & Kleiner (apud Smith-Jackson & Wogalter, 2004) destacaron el uso de la Macroergonomía como herramienta para producir una comunicación de riesgos más compatible. Otros estudios demostraron que la eficacia de las advertencias viene determinada, al menos en parte, por la accesibilidad de los conocimientos almacenados previamente (Lesch, 2008b), lo que subraya la importancia de la formación en señalización de seguridad. Además, la comprensión de las advertencias puede mejorarse en gran medida con el entrenamiento en escenarios de accidentes (Lesch, 2003, 2008a).

Para dar un significado rápido y claro a la señalización de seguridad, hay que tener en cuenta una serie de situaciones. Asensio et al. (2015) describen estas situaciones como: (i) un contexto lleno de información y estímulos; (ii) una situación llena de estrés que en ocasiones puede conllevar un riesgo de muerte; y (iii) un entorno con interferencias o bloqueo de información (por ejemplo, poca visibilidad por falta de iluminación, dificultad auditiva, dificultad de concentración por exceso de ruido, entre otras).

Un diseño exitoso de la señalización dependerá de una adecuada caracterización de la información a transmitir, del sistema visual humano, de los elementos que condicionan su visualización (ejemplo iluminación) y la interacción de todos los elementos. Por eso, en esta investigación, estudiaremos las posibles formas de presentación y las variables tecnológicas de la señalética de seguridad actuales, y cuáles posibilitan la optimización, la comprensión,

recuerdo y obediencia sin afectar la capacidad comunicativa de las mismas. De esa manera, obtendremos información de cómo mejorar la eficiencia de la comunicación de prevención de riesgos.

En este sentido, y cuando hablamos de las metodologías de evaluación de riesgos descritas en la literatura, encontramos predominantemente el uso de imágenes 2D y cuestionarios (Serig, 2001; Wogalter & Shaver 2001). Con el fin de minimizar los sesgos en las opiniones de los usuarios debido a los tipos de cuestionarios usados y el contexto en que se lleva a cabo, el uso de la Realidad Virtual (RV) puede resultar de gran interés. Esta herramienta permite estudiar la percepción del riesgo de manera más eficiente y directa, sin los potenciales sesgos comentados. Además, con la utilización de dispositivos más actuales e inmersivos como los cascos de realidad virtual, se puede lograr una mayor eficiencia y efectividad en la creación y manejo de espacios virtuales. (Rebelo, et al., 2012; Ayanoglu et al., 2016; Galán et al., 2021).

Los avances tecnológicos posibilitan una serie de desarrollos cada vez de menor coste en el ámbito de la Prevención de Riesgos Laborales (Asensio et al., 2015). Los sistemas de formación en riesgos todavía tienen una eficiencia limitada. A veces no llegan a sus usuarios o no tienen la importancia debida (Saleh & Pendley, 2012; Le et al., 2015). Por esa razón se hace de gran importancia el hecho de analizar e intentar mejorar las herramientas de formación en seguridad. Es importante aprovechar todo lo que ofrecen: desarrollar un escenario más realista sin poner en riesgos a los trabajadores; reducir costes; demostrar el impacto de la decisión durante y después de la formación; promover la prueba y error como herramienta de aprendizaje (Bell & Fogler, 2000; Wogalter & Mayhorn, 2005; Amokrane et al., 2008; Barot et al., 2011; Maruejols & Chopinaud, 2013).

Estos avances mejoran las posibilidades de tener éxito en la búsqueda de las condiciones ideales para el aprendizaje (aquí se tiene en cuenta el entorno, las emociones, el diseño, los usuarios, tratando de hacer uso de lo fantástico/imaginario con condiciones tan reales que permita la transferencia de conocimiento y creencias al mundo físico capaz de cambiar el comportamiento), así como los equipos de seguridad. Es decir, los avances tecnológicos nos permiten reunir las variables probadas óptimas y eficientes para alcanzar un resultado satisfactorio. Por ejemplo, los estudios en neurociencia y psicología indican que la intensidad emocional generada por una experiencia potencia el recuerdo, y que la retención y la excitación emocional negativa pueden ser especialmente eficaces. Por lo que hacer uso de

inductores emocionales como música y escenas de películas validadas con este fin, pueden hacer el aprendizaje más eficaz (Baños et al., 2004; Olmos-Raya et al. 2018).

Aquí, de nuevo, la RV aparece como una herramienta que puede ser muy eficaz para la educación, el aprendizaje y la memoria. Por ejemplo, Alcañiz et al. (2014) desarrollaron un entorno 3D generado por ordenador en el que se pueden implementar situaciones reales y en el que los usuarios están inmersos y pueden interactuar entre sí y con el entorno como si estuvieran en un entorno físico real. Los mismos autores, en 2018, ilustraron que la RV ofrecía la capacidad de simular situaciones de la vida real, incluidas situaciones sociales, desencadenando experiencias en las que el cuerpo, el entorno y el cerebro están en estrecha relación. Además, sostienen que los comportamientos, actitudes y creencias pueden transferirse de lo real a lo virtual, y viceversa. Por lo tanto, la RV puede ser una herramienta para evaluar el comportamiento espontáneo en un escenario validado manteniendo el control experimental.

Asimismo, un entorno virtual permite la no exposición de los sujetos al riesgo físico, pero puede exponer la sensación del impacto/consecuencia de una acción errónea sin llegar a la muerte (Reiners et al., 2012), y posibilita la construcción de entornos de aprendizaje inteligentes y flexibles, capaces de adaptarse a las diferentes necesidades de los distintos usuarios sin los distractores presentes fuera del entorno virtual (Rizzo et al., 2006). Ejemplo de todo ello es el uso de “*crowd simulation*” en el estudio de procesos de evacuación (Maruejous & Chopinard, 2013; Ríos & Pelechano, 2020) como herramienta en la investigación en el área de gestión de avisos (warnings) centrados en la evacuación (Duarte et al., 2013a; Vilar et al., 2013; Vilar et al., 2014).

Pero para hacer posible un resultado óptimo, son necesarios una serie de conocimientos, con el objetivo de hacer más creíbles los entornos virtuales. En este sentido, se están estudiando artificios que incluyen variables de contenido, tecnología, emociones y estrategias de diseño que combinan factores de acción, simbólicos y sensoriales (Dede, 2009). Pero, aunque las investigaciones en el campo de la RV avanzan rápidamente y demuestra su eficacia (Parsons & Rizzo, 2008; Chicchi Giglioli et al., 2017; Juan-González et al., 2021; Fonseca et al., 2021a), aún son escasas las aplicaciones para evaluar el comportamiento y la educación en prevención de riesgos laborales y el uso de la referida tecnología para evaluar la eficacia de la señalización está aún inexplorado (Mantovani et al., 2001). Aún no se comprende del todo cómo influye la realidad virtual en aspectos de la cognición humana, y es posible que lo mejor

en el mundo real no sea lo óptimo en un entorno virtual. No existe una definición clara ni un acuerdo común sobre los criterios de diseño de las experiencias inmersivas, y esto crea un reto en nuestra comprensión de las experiencias.

Por otra parte, los juegos se están convirtiendo en una herramienta importante para la educación y su impacto potencial puede comprobarse en varios estudios (Connolly et al., 2012; Lenihan, 2012; Popescu et al., 2013). Los juegos serios pueden definirse como cualquier forma de juego interactivo individual o multijugador que han sido desarrollados con la intención de ser algo más que entretenimiento (Ritterfeld et al., 2009). En este contexto, la gamificación se entiende como la aplicación de estrategias de juego en entornos no lúdicos (Villegas, E., 2019). Es decir, la gamificación no es necesariamente un juego, sino el uso de su pensamiento y elementos para promover la motivación, el cambio conductual y la participación de las personas. El modelo de enseñanza gamificada que combina la diversión con la enseñanza en el aula es una forma eficaz de utilizar la teoría del flujo para mejorar la calidad de la enseñanza y la eficacia del aprendizaje. Por otro lado, un juego se considera digital cuando está basado en software (Deterding et al., 2011). El uso de este tipo de juegos viene determinado por una serie de factores, como:

- Cuando están comprometidos, los jugadores producen de forma natural secuencias ricas de acciones mientras realizan tareas complejas, lo que enriquece sus habilidades y competencias (Shute & Ventura, 2013).
- Producen una motivación duradera y prolongan el compromiso, ya que pueden incluir elementos como objetivos, niveles de logro y sistemas de recompensa (Merchant et al., 2014).
- Tienen la capacidad de aumentar el compromiso de los usuarios (Liu et al., 2017; Koivisto & Hamari, 2019).

Según Dominguez et al. (2013) los juegos exitosos atraen a los usuarios centrándose en los resultados cognitivos, emocionales y sociales. Además, aunque los juegos electrónicos no suelen ser totalmente inmersivos, son interactivos (Nedel et al., 2016), y promueven una experiencia de “flujo” o “*flow*” (placer espontáneo mientras se desarrolla una tarea...estando totalmente absorto por ella) (Nakamura & Csikszentmihalyi, 2014), clave para la motivación.

Los juegos de RV se han identificado con un gran potencial para la educación y el aprendizaje en la prevención de riesgos (Lin apud Le et al., 2015). Podemos decir que la gamificación aprovecha la predisposición del ser humano a participar en juegos. Además, la estimulación emocional puede mejorar la retención de los conceptos aprendidos. La investigación sobre la transición del juego a la gamificación está en progresión, aunque todavía se encuentra en su fase inicial, como documentan algunas publicaciones (Domínguez et al., 2013; Rednic et al., 2013; Oprescu et al., 2014).

En base con lo expuesto, en esta investigación aplicaremos el uso de juegos serios y gamificación en un entorno inmersivo de RV, donde se presentarán diferentes señales de seguridad y peligro/riesgo. Este entorno estará dotado de contenidos emocionalmente estimulantes que se ajusten a la realidad deseada. En él estudiaremos cómo perciben y comprenden la información los usuarios (formal: señales, y no formal: el propio peligro), y cómo reflexionan sobre su comportamiento para optimizar la eficacia de la prevención de riesgos.

Para promover el éxito de una experiencia gamificada, primero es necesario centrarse en los impulsores psicológicos adecuados. Es importante tener en cuenta el perfil del jugador y las características del usuario a la hora de diseñar una experiencia y formación gamificada. La edad, las variables culturales, el género y otras son importantes. Esto se debe, entre otras cosas, a que la capacidad de percibir el riesgo cambia de un individuo a otro. La cultura, por ejemplo, se considera el principal mediador para incorporar significado a los esquemas de acción. Por otra parte, también hay que tener en cuenta el contenido que se va a enseñar, así como el nivel de aprendizaje requerido. Asimismo, investigaciones previas sobre señalización han demostrado que los individuos mayores de 40 años son más propensos a ser cautelosos en respuesta a las advertencias, que las mujeres son más propensas a buscar, leer y cumplir las advertencias, y que los individuos que han estado involucrados en un accidente están más atentos a la señalización (Lesch, 2008a; Cavalcanti & Soares, 2012; Laughery & Wogalter, 2014).

Lo mismo ocurre a la hora de diseñar una lección. Los mecanismos deben aplicarse teniendo en cuenta el nivel cognitivo y el tipo de alumno. Desde la perspectiva de la estrategia de gamificación, las lecciones deben diseñarse sobre la base de escenarios, haciendo que el proceso de aprendizaje sea vívido y emocionante (Zorilla-Pantaleón et al., 2021).

Así, finalmente, procederemos a correlacionar las características de los usuarios (perfil del jugador, perfil tecnológico y estilo cognitivo) con su comportamiento en el entorno. De esta

forma podremos relacionar la funcionalidad del entorno, la señalización y las características del usuario que los visualiza durante la realización de su tarea.

## 1.2 Hipótesis, preguntas de investigación y objetivos

Como se mencionó anteriormente, en los últimos años, hemos sido testigos de un aumento masivo en el uso de las tecnologías y su rápido y constante progreso. Su abaratamiento y popularización han hecho posible que la tecnología trascienda el entretenimiento, siendo utilizada también en las relaciones sociales, el trabajo y la enseñanza, entre otros (Fonseca et al., 2016). El objeto de esta investigación es el uso de variables tecnológicas, gamificación y juegos serios para aumentar la seguridad y prevención de riesgos laborales.

En este contexto, se plantean tres hipótesis primordiales con el propósito de abordar las cuestiones de investigación:

A) Hipótesis 1 (H1): La utilización de herramientas tecnológicas de realidad virtual inmersiva, en combinación con las variables de señalización de seguridad, juegos de carácter serio y la manipulación de las emociones, ejerce un impacto que enriquece y optimiza el proceso de formación en seguridad y prevención de riesgos laborales.

Para someter a examen esta hipótesis, se abordan las siguientes preguntas de investigación:

- H1PI1: **¿Cuáles son los elementos constituyentes de un juego inmersivo y serio orientado a la asunción de riesgos que pueden ejercer influencia sobre el usuario?**
- H1PI2: **¿Es posible que el contenido de las señales que requieren acciones afecte la capacidad del individuo para recordar la información?**
- H1PI3: **¿Qué factores podrían potenciar la optimización del diseño de un entorno virtual, con el fin de analizar el comportamiento del usuario en un contexto de riesgo gamificado?**

B) Hipótesis 2 (H2): La incorporación de variables tecnológicas en el proceso de señalización de seguridad dentro de un entorno caracterizado por el estrés puede resultar en una mayor eficacia y perceptibilidad de dichas señales.

Partiendo de la hipótesis previamente planteada, podremos recopilar suficiente información para abordar las interrogantes de investigación subsiguientes:

- H2P1: ¿Se observan disparidades en la percepción, el comportamiento y la utilidad de usuarios ante diferentes señales variables, en función del nivel de riesgo presente?
- H2PI2: ¿El modo de presentación de las señales ejerce influencia en su percepción y grado de acatamiento en un entorno caracterizado por el estrés?

C) Hipótesis 3 (H3): Tanto el perfil del jugador como la vivencia del usuario tienen la capacidad de ejercer influencia sobre su conducta vinculada con aspectos de seguridad, y de manera simultánea, en la percepción que tienen de las señales de seguridad.

En consonancia con la hipótesis delineada, exploraremos las siguientes interrogantes de investigación:

- H3PI1: ¿Tiene las características individuales del jugador efecto en sus reacciones ante las señales de seguridad y sus distintas modalidades de presentación?
- H3PI2: ¿Puede el perfil de jugador del usuario influir en sus respuestas a las señales?

Para abordar estas tres hipótesis se desarrollaron tres líneas principales de actuación:

- L1: Evaluación de la señalización de seguridad, su naturaleza y los cambios recientes.
- L2: Evaluación del perfil etnográfico y las características del usuario que pueden influir en su comportamiento (perfil del jugador, tecnológico, emocional y cognitivo). Determinación de la correlación entre emociones, experiencia, satisfacción y señalización para mejorar la prevención de riesgos.
- L3: Estudio de la usabilidad, la experiencia emocional y la motivación en el contexto de los juegos serios inmersivos-virtuales y las variables de señalización.

Los principales objetivos de la tesis son los siguientes:

- O1. Estudiar cómo se están implementando los avances tecnológicos en el campo de la seguridad en el trabajo y la prevención de riesgos laborales.
- O2. Identificar modelos y variables de señalización y transmisión de información que permitan una toma de decisiones óptima y eficaz en situaciones de riesgo o estrés.

- O3. Desarrollar un simulador gamificado según las recomendaciones establecidas en el objetivo anterior, y estudiar su potencial metodológico para la prevención de riesgos laborales.
- O4. Desarrollar un protocolo de recomendaciones para el diseño de señalización de seguridad y creación de juegos serios para la formación en seguridad laboral y prevención de riesgos laborales.

Para alcanzar estos objetivos generales, se plantean estos objetivos específicos:

- OE1. Estudiar el contexto de los avisos de seguridad al largo del tiempo y a través de distintas realidades.
- OE2. Desarrollar un estudio bibliográfico sobre el uso de las nuevas tecnologías y las metodologías existentes para evaluar y optimizar la interacción humana con ellas.
- OE3. Realizar una investigación bibliográfica sobre la influencia de la carga emocional en el aprendizaje y cambio de comportamiento en situaciones de stress.
- OE4. Desarrollar y evaluar un entorno virtual inmersivo gamificado seguro y confortable, pero con el añadido de inductores emocionales que estimulen el aprendizaje en el ámbito de la seguridad y la prevención de riesgos.
- OE5. Valorar el comportamiento y percepción del usuario ante las diferentes variables de avisos de peligro ante un riesgo inminente o no.
- OE6. Evaluar la consonancia conductual y el recuerdo con las diferentes variables de señalización en un entorno inmersivo de riesgo.
- OE7. Analizar la correlación entre el comportamiento del usuario en el entorno con el perfil del jugador.
- OE8. Evaluar la influencia del estilo cognitivo con las variables de señalización dentro del entorno virtual.

### 1.3 Metodología

Como metodología científica para esta investigación optamos por el Diseño Centrado en el Humano (Soares, 2021). Dicha metodología difiere del Diseño Centrado en el Usuario (Giacomin, 2014), puesto que aquella tiene en cuenta también las percepciones y psicología

humana. En él, el foco se centra en el usuario, mediante su participación a través de la recogida de datos, opiniones y observaciones. Teniendo en cuenta que, para el diseño de un entorno virtual, el desarrollo de la experiencia gamificada, la finalidad de aprendizaje y la evaluación de un producto, el usuario juega un papel fundamental, es la metodología que mejor se adapta a los objetivos de este proyecto.

También es importante destacar que, según Norman (apud Fonseca et al., 2015), existe una diferencia entre el modelo mental del usuario y del diseñador en la definición de las características de los productos y servicios. Por esta razón, es importante que el desarrollador entienda al usuario y lo involucre desde el inicio del proyecto, evitando la decepción o el no uso del producto por parte del usuario. Así, en este trabajo, a diferencia de lo que ocurre en muchos otros, los usuarios participan en el diseño del entorno virtual.

Por otro lado, para la recogida de datos, hemos utilizado una aproximación mixta, con datos cualitativos y cuantitativos, según la fase de evaluación. Se han desarrollado tres prototipos de entorno virtual durante la realización de la tesis:

- Prototipo de entorno 1: en esta fase se trabajó sobre un entorno virtual para su rediseño orientado a los objetivos del estudio en cuestión. Se hizo uso del proceso creativo a través de sesiones “design jams” con participantes multidisciplinares.
- Prototipo de entorno 2: desarrollado para obtener de primera mano las opiniones y necesidades de los usuarios. Para ello se llevó a cabo una evaluación de usabilidad y una investigación cualitativa basada en el método bipolar laddering (BLA) con reconocidos profesionales especializados en el área de la arquitectura y la prevención de riesgos laborales. En este punto pudimos probar un entorno y recoger datos relevantes sobre la aplicación del tema en el mismo. Esto nos proporcionó información importante para cubrir posibles lagunas, siendo de gran importancia para obtener la formulación del entorno final con el fin de hacerlo eficiente para la consecución de nuestro objetivo.
- Prototipo de entorno 3: realizado para validar correlaciones importantes para el tema de investigación de este trabajo. De esa manera, utilizando una metodología cuantitativa, recolectamos datos relativos al perfil de los usuarios y sus comportamientos dentro del entorno.

Las tareas fundamentales realizadas en el desarrollo de la tesis han sido:

1. Definición del marco de trabajo donde se definen las etapas y parámetros a obtener en la investigación.
2. Revisión bibliográfica acerca de la señalética de seguridad.
3. Búsqueda de las bases teóricas asociadas a los factores cognitivos y perceptivos que pueden llegar a influir en el usuario en una situación de riesgo y aprendizaje. Evaluación de las metodologías y parámetros utilizados para valorar el comportamiento, aprendizaje y recuerdos de los usuarios en una situación de riesgo.
4. Estudio de herramientas y técnicas para evaluar la usabilidad de entornos virtuales.
5. Diseño de las señales utilizadas en el trabajo experimental.
6. Desarrollo de entornos virtuales gamificados inmersivos en los que los usuarios se enfrentan a distintos niveles de riesgos, acciones y señalización. Los entornos se han inspirado en situaciones reales y se han diseñado para evaluar el impacto de su calidad visual en la presencia, la inmersión, el aprendizaje y el recuerdo.
7. Diseño y desarrollo de técnicas y métodos de recogida de datos: desde encuestas para la caracterización del perfil de la muestra, cuestionarios de percepción y evaluación del entorno y mecanismo de recogida de datos dentro del entorno.
8. Obtención y evaluación de datos relevantes sobre la percepción, obediencia y memoria de los usuarios respecto a las distintas variables de la señalización de seguridad en diferentes grados de riesgo.
9. Prueba de campo de los entornos desarrollados
10. Análisis de los datos recogidos sobre la funcionalidad de la señalización y los entornos y juegos virtuales en el aprendizaje de la seguridad en el lugar de trabajo.

En nuestra simulación, los participantes realizan una serie de actividades durante las cuales se evalúan datos conductuales y perceptivos.

En el Apéndice 3, se expone una infografía que ilustra los procedimientos metodológicos.

## 1.4 Estructura de la tesis

Normalmente, la evaluación del diseño de las advertencias de seguridad tiene en cuenta situaciones normales en las que se pregunta al participante si la advertencia capta su atención, si puede entenderla, y qué haría si la viera en la vida cotidiana. En este estudio, nuestra preocupación se centró en la evaluación de las advertencias de seguridad (estáticas, dinámicas e inteligentes) en una situación de riesgo a través del comportamiento de los participantes en diferentes niveles de peligro: bajo (suelo mojado); medio (tabla de madera); alto (incendio).

La mejora de diferentes aspectos relacionados con la realidad virtual inmersiva estaba enfocada en obtener una experiencia lo más parecida a la realidad por parte de los participantes y, por lo tanto, se pudieran comportar de forma más cercana a la contraparte del mundo real. Por eso, en esta tesis también nos hemos centrado en mejorar la verosimilitud de la experiencia y la sensación de presencia de los usuarios cuando están inmersos en un entorno de RV. Elegimos inicialmente una situación neutra, pero luego, gracias a la participación de los usuarios, la trasladamos a un entorno de oficina (más convencional; pero capaz de producir más presencia).

Esta tesis presenta una serie de estudios cuyos resultados nos permitieron evaluar cómo reforzar la señalización de seguridad, promover la autonomía, autoconfianza y el comportamiento seguro de los usuarios ante los peligros y generar un entorno virtual gamificado inmersivo en el que el usuario aprende a comportarse de forma más segura. En nuestra simulación, los participantes realizaron una serie de tareas mientras estaban expuestos a distintos grados de peligro y niveles de estrés, y pudimos evaluar datos de comportamiento y percepción. Se trata de un estudio multidisciplinar que reúne conocimientos de los campos de la señalización, la ergonomía y el diseño e ingeniería de productos.

La estructura de la tesis se divide en 7 capítulos:

- **Capítulo 1, Introducción:** Se comenta el problema del estudio, las hipótesis, los objetivos que se pretenden alcanzar y la estructura de este documento.
- **Capítulo 2, Revisión bibliográfica:** Presenta el marco teórico para el desarrollo de la investigación, así como los estudios más relevantes. Así, se abordan temas relacionados con la RV en la educación, la gamificación, la señalización, así como la interacción hombre-máquina, la cognición y el perfil del jugador.

- **Capítulo 3, Desarrollo del juego inmersivo formativo: diseño participativo centrado en el usuario:** Este capítulo presenta un entorno virtual base existente y el proceso de rediseño para resolver problemas de interconexión entre dispositivos, así como problemas de ciber síntomas detectados en el laboratorio. Basándonos en los resultados de la evaluación de usabilidad del entorno primario, procedimos a cambiar el software *Unity* por *Unreal Engine 4 (UE4)*, teniendo en cuenta el mismo sistema programado y solucionando los problemas previamente identificados. Para esta fase hicimos uso del diseño participativo, cuyo objetivo es promover la participación de un equipo multidisciplinar centrado en el producto a crear o evaluar (Spinuzzi, 2005). Al final, nació la primera versión del “*Game for Safety*”.
- **Capítulo 4, Game for Safety: un enfoque mixto:** Muestra la evaluación cualitativa del rediseño del entorno, con el fin de demostrar qué aspectos proporcionan una mejor interacción, experiencia, percepción y memoria, así como qué elementos deben ajustarse para alcanzar los objetivos del estudio. Para ello, se utilizaron preguntas de una escala bipolar de evaluación, datos obtenidos durante el juego y conocimientos antes y después de la inmersión, teniendo en cuenta también datos relacionados con la personalidad de los usuarios. La muestra estuvo formada por expertos de reconocido prestigio con una experiencia relevante de más de 5 años en el campo de la arquitectura, expertos en el control de obras, instalaciones y construcciones.
- **Capítulo 5, Señalización de Seguridad, Realidad Virtual y Perfil de Usuario: un estudio cuantitativo:** En primer lugar, pasaremos a informar de los cambios derivados de los resultados obtenidos en el capítulo anterior. A continuación, con el fin de confirmar/refutar nuestras hipótesis, procedemos al experimento cuantitativo teniendo en cuenta las siguientes métricas: perfil de la muestra (datos demográficos, estilo cognitivo y perfil de jugador); tiempo de percepción de la señal (tiempo de primera mirada a la señal); tiempo de respuesta del usuario (tiempo que tarda el usuario en iniciar las actividades dentro del entorno); recuerdo (grado de recuerdo de las señales por parte de los usuarios tras abandonar el entorno virtual); obediencia (cuando están inmersos y frente a las señales relacionadas con el riesgo y el peligro); y datos relacionados con la usabilidad del entorno y de la señalización.

- **Capítulo 6 Protocolo de Señalización y de entorno inmersivo gamificado** presenta las principales conclusiones obtenidas a partir de los resultados de la evaluación de las señales, así como recomendaciones de variables a utilizar en un entorno peligroso. Tales recomendaciones apuntan a la solución óptima, a fin de generar una respuesta más rápida, segura y eficiente del usuario, promoviendo un comportamiento más seguro (o hacia la seguridad).
- **Capítulo 7 Resultados y discusión:** Se presentan los resultados de la tesis, la discusión de los mismos y las conclusiones generales, señalando orientaciones para futuros trabajos.

El siguiente diagrama de Figura 1 presenta el desarrollo de este estudio, explicando cómo se organizó la investigación. La primera fase comprende el referencial teórico que utilizamos como soporte para fundamentar nuestros objetivos, pudiendo dividirla en tres partes principales que están conectadas entre sí. La literatura sobre la tecnología de realidad virtual sirvió como base para el desarrollo del entorno virtual para la evaluación de la señalización, presentando las características necesarias para nuestros objetivos. La literatura sobre aprendizaje y juegos nos fue útil para adquirir los valores esenciales para estimular la participación del usuario produciendo un “*user engagement*”. La revisión de la señalización permitió identificar las posibilidades de mejoras de esta, así como los comportamientos más preponderantes encontrados frente a ella. La segunda fase de la tesis incluye el desarrollo y rediseño del entorno virtual, así como las pruebas necesarias hasta llegar al entorno final.

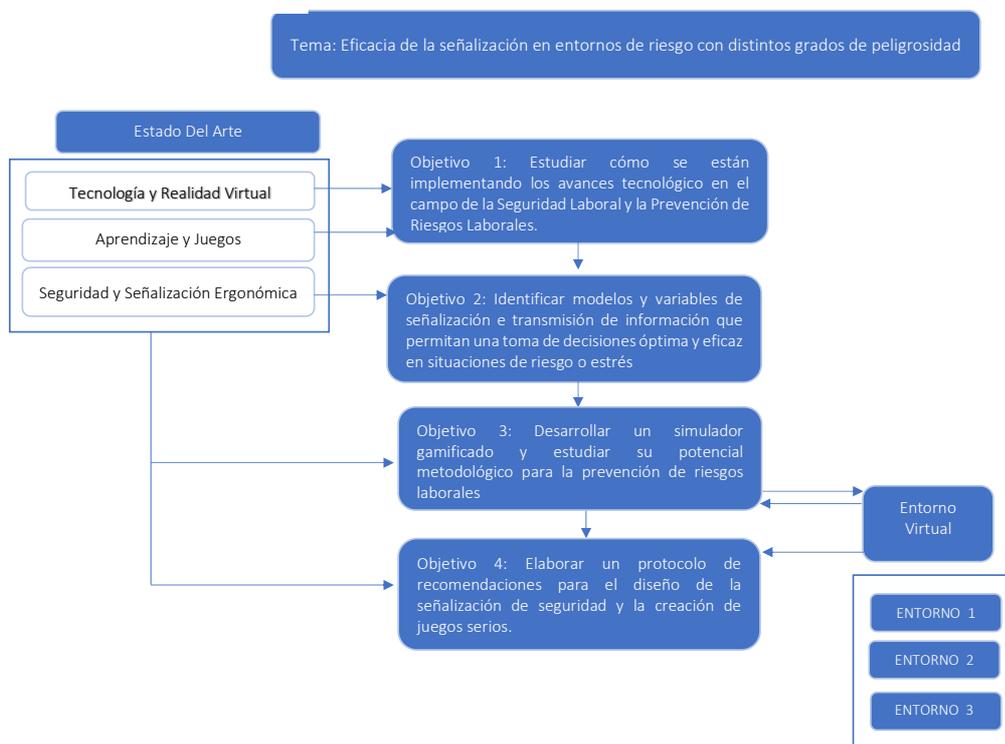


Figura 1. Diagrama esquemático del flujo de desarrollo de la investigación. Fuente: la autora.

## 1.5 Contribuciones

Los estudios realizados en esta tesis aportaron información importante sobre cómo se comporta el usuario en un entorno de peligro y estrés frente a la señalización, y cómo podríamos mejorar la comunicación del peligro para hacerla más eficaz y potenciarla para que cumpla sus objetivos. El objetivo de esta tesis no era desarrollar un nuevo sistema de señalización, sino comprender qué aspectos de las señales son los más importantes para mejorar la percepción del peligro, promover un comportamiento seguro y una correcta toma de decisiones. Por lo tanto, los resultados de nuestro análisis estadístico y los comentarios recogidos de los participantes se tuvieron en cuenta para el proceso iterativo de involucrar al participante, mejorar el realismo de la experiencia y proporcionar competencia para un comportamiento seguro.

Se destacan las siguientes contribuciones originales de esta tesis:

1. Caracterización de los materiales utilizados para mejorar la eficacia de la señalización.

2. Estudio de las características humanas actuantes para la toma de decisiones en un momento de estrés.
3. Diseño, modelado y evaluación de señalización con características encontradas en la literatura.
4. Uso de una nueva plataforma para promover comportamientos seguros.
5. Diseño y desarrollo de un protocolo con los resultados encontrados.
6. Creación de un juego inmersivo serio que permita evaluar el comportamiento humano ante diferentes señales y niveles de peligro.
7. Evaluación de los expertos y de los usuarios sobre el uso del juego inmersivo para evaluar las señales.
8. Utilización de la gamificación para la formación y la prevención de riesgos.

Como resultado de esta investigación doctoral, se han realizado las publicaciones académicas siguientes:

**Artículos de Revista:**

- Cavalcanti, J., Valls, V., Contero, M., & Fonseca, D. (2021). Gamification and Hazard Communication in Virtual Reality: A Qualitative Study. *Sensors*, 21(14). <https://doi.org/10.3390/s21144663>
- Fonseca, D.; Cavalcanti, J.; Peña, E.; Valls, V.; Sanchez-Sepúlveda, M.; Moreira, F.; Navarro, I., & Redondo, E. (2021) Mixed Assessment of Virtual Serious Games Applied in Architectural and Urban Design Education *Sensors*, 21, 3102. <https://doi.org/10.3390/s21093102>
- Olmos-Raya, E., Cavalcanti, J.F, Contero, M., Castellanos- Baena, M. C., Chicci-Giglioli, I. A., & Alcañiz, M. (2018). Mobile virtual reality as an educational platform: A pilot study on the impact of immersion and positive emotion induction in the learning process. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 14(6), 2045-2057.

**Actas de Conferencia:**

- Cavalcanti, J.F. (2023). UX in Immersive Reality: The Power of the Users. In: Marcus, A., Rosenzweig, E., Soares, M.M. (eds) Design, User Experience, and Usability. HCII 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 14031. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-35696-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35696-4_4)
- Cavalcanti, J.F., Duarte, F.C.A., Ayabe, R.C.F., & da Silva, A.G.B. (2021). Virtual Reality and Ergonomics: Making the Immersive Experience. In: Soares, M.M., Rosenzweig, E., Marcus, A. (eds) Design, User Experience, and Usability: Design for Contemporary Technological Environments. HCII 2021. Lecture Notes in Computer Science, vol 12781. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78227-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78227-6_12)
- Cavalcanti, J.F, & Contero, M. (2017). Jogos sérios para aprendizagem em segurança. Actas del INNODOCT 2017. (Best Presentation Award)
- Cavalcanti, J.F., Soler, J. L. & Contero, M. (2017) Análisis de la aplicación de la tecnología de Realidad Virtual en la formación para la prevención de riesgos laborales. Actas del XXI Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos, 2145-2151, Cádiz.
- Cavalcanti, J.F., Soler, J. L., Contero, M., & Alcañiz, M. (2017). Educational Application of VR in Safety. INTED2017- Poster
- Soler, J. L., Ferreira, J., Contero, M., & Alcañiz, M. (2017). The power of sight: using eye tracking to assess learning experience (LX) in virtual reality environments. In INTED2017 proceedings, 8684-8689. <https://doi.org/10.21125/inted.2017.2060>

**Capítulos de Libro:**

- Olmos, E., Cavalcanti, J. F., Soler, J. L., Contero, M., & Alcañiz, M. (2018). Mobile virtual reality: A promising technology to change the way we learn and teach. In Mobile and ubiquitous learning (pp. 95-106). Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-6144-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-981-10-6144-8_6)

## *Capítulo 2: Revisión de la literatura*

Esta tesis se centra en investigar la utilización de avances tecnológicos y metodológicos para mejorar la efectividad de la información de seguridad en momentos críticos y de emergencia. El incremento en la percepción de la señalización por parte del individuo, el desarrollo de experiencia previa y la promoción de la motivación en el aprendizaje relacionado con la información de seguridad pueden llevar al individuo a adoptar un comportamiento más seguro en situaciones de peligro o de emergencias.

En este capítulo, examinaremos el estado del arte relacionado con el impacto del uso de la realidad virtual en el aprendizaje y la presencia (que puede inducir un comportamiento similar al del mundo real), la gamificación y los juegos para la motivación, así como el estudio de diferentes tecnologías de información visual sobre emergencias y peligros. La integración de estos conceptos mejoraría la experiencia global y permitiría el desarrollo de comportamientos más seguros en situaciones de riesgo.

Este capítulo se divide en dos secciones principales: (1) tecnología, conocimiento e industria, y (2) seguridad laboral. La primera parte comienza con un estudio de los avances tecnológicos en la formación, la educación y su aplicación en la industria manufacturera. Se abordan la realidad virtual y la gamificación, identificando sus avances, usos y descubrimientos efectivos. En la segunda parte, centrada en la seguridad laboral y la señalización de seguridad, se revisa la literatura disponible sobre los diferentes tipos de señales, el proceso cognitivo involucrado en su uso, sus formas de presentación actuales y otros aspectos relevantes.

De esta manera, podemos: 1) comparar las características humanas que pueden influir en el comportamiento frente a la señalización de peligro y precaución; 2) registrar las formas más eficientes y apropiadas de evaluar la interacción humana con el producto para obtener datos que mejoren la experiencia; 3) obtener una lista de principios, pautas y buenas prácticas para aplicar en la construcción del entorno virtual gamificado objeto de este estudio; y 4) generar un protocolo de recomendaciones para el diseño de la señalización de seguridad, como

se muestra en la siguiente imagen (Figura 2), que ilustra el esquema de investigación realizado en la revisión bibliográfica ligado a las temáticas principales de nuestras hipótesis.

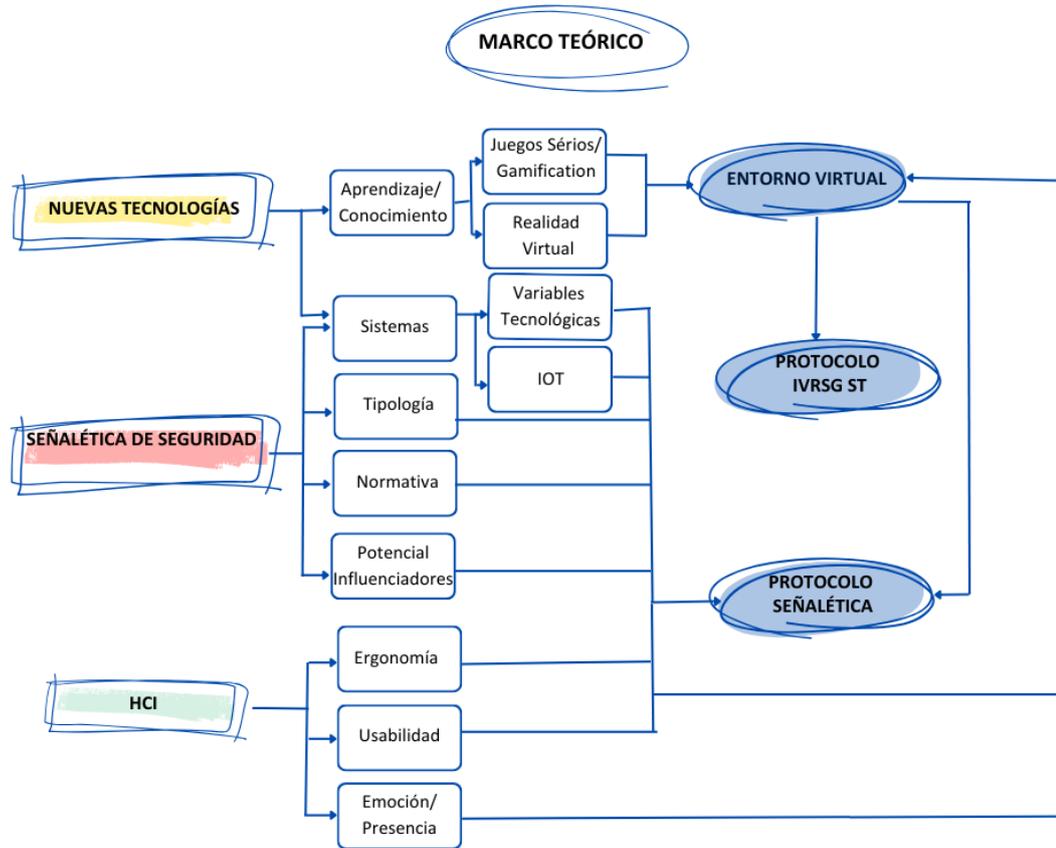


Figura 2. Esquema del marco teórico. Fuente: la autora.

## 2.1 Tecnología, aprendizaje y conocimiento

Los avances tecnológicos han generado una serie de mejoras que amplían las posibilidades de integración en nuestra vida diaria, incluyendo el ámbito educativo y de entrenamientos (Muria-Tarazón et al., 2023; Conesa et al., 2023; Leote & Cavalhieri, 2019). La incorporación de tecnología en la educación es un aspecto relevante en el proceso de aprendizaje (Rodríguez et al., 2022; Meier et al., 2020; Sanchez-Sepulveda et al., 2019; França & Soares, 2015; Law et al., 2008). A lo largo de los años, los marcos metodológicos en el ámbito de la pedagogía basados en el uso de sistemas tecnológicos han evolucionado desde un enfoque de enseñanza asistida por ordenador, con interacción mínima del usuario y preguntas y respuestas predefinidas, hacia simulaciones que se alinean con el enfoque constructivista del aprendizaje y promueven un enfoque práctico de adquisición de conocimientos (Boel et al., 2023; Agost et al., 2022; Molina-Carmona & Llorens-Largo, 2020; Garcia-Panella et al., 2012;

Roca & Gagné, 2008). Sin embargo, para lograr una implementación exitosa de la tecnología en la educación, se requiere una gestión adecuada (Fonseca et al., 2015).

El uso de dispositivos móviles constituye un ejemplo destacado de cómo la tecnología se ha integrado en nuestra vida cotidiana (Cavalcanti et al., 2021). En la actualidad, un gran número de personas en España acceden a Internet a través de sus smartphones, considerados herramientas indispensables tanto a nivel profesional como social (Calizzani & Reinecke, 2016). Esta situación ha contribuido a la disminución del analfabetismo digital y al mejoramiento de las competencias digitales de los individuos (Kneidinger – Müller, 2019). Estos factores, que abarcan el desarrollo y la sofisticación de los dispositivos móviles como *smartphones* y tabletas, así como el fortalecimiento de las competencias digitales de las personas, han generado nuevas áreas de investigación en el ámbito de la formación (Lu, 2012; Parsons, 2012).

En este contexto, ha surgido el *mobile learning* (o m-learning), un enfoque educativo que se centra en la interacción entre el usuario y el contenido, haciendo uso de entornos inmersivos, tecnologías de comunicación, exploración de nuevos contextos de aprendizaje y la capacidad de registrar y compartir el proceso formativo (Fonseca et al., 2016; Vicent et al., 2015; De la Torre Cantero et al., 2013). El uso de realidades extendidas y dispositivos móviles en el ámbito educativo está adquiriendo cada vez más relevancia debido a su potencial, su popularización y la reducción de costos asociada (Fonseca et al., 2015; Lin apud Le et al., 2015; Fonseca et al., 2013). Gantt (2011) resalta, y Fonseca y colaboradores (2012) refuerzan, que la retención de información experimenta un incremento significativo al integrar la escucha, la visualización y la participación. Esto evidencia la eficacia de enfoques que fomentan la integración y la colaboración, como el m-learning, en contraposición a los modelos educativos tradicionales.

Las realidades extendidas, clasificadas según su nivel de virtualidad, interacción con el entorno real y fidelidad, incluyen la realidad aumentada (RA), la realidad virtual (RV) y la realidad mixta (RM). Haciendo uso de la RA, por ejemplo, la Universidad de Corea del Sur (Le et al., 2015) desarrolló una plataforma en la cual los estudiantes accedían a contenidos, interactuaban con ellos y se evaluaban sus conocimientos. El estudio mostró una notable mejora en la competencia en seguridad del personal de la construcción. La misma tecnología (RA) también ha demostrado su eficacia en la enseñanza de conceptos espaciales en 3D (Fonseca et al., 2015), donde se ha comprobado que los alumnos rinden más cuando están más motivados y satisfechos

Por otro lado, se ha demostrado que el aprendizaje mejora cuando el usuario participa activamente en los estímulos y tiene un control activo sobre la experiencia. Witmer & Singer (1998) sostienen que los entornos más inmersivos son herramientas de formación superiores a los entornos de formación estándar basados en ordenador. Esto también se aplica a los programas de formación, especialmente en el campo de la salud laboral. Con el objetivo de evaluar los factores ergonómicos en la tarea de mantenimiento de plataformas, Aromaa & Väänänen (2016) compararon realidades aumentadas y virtuales. Los resultados revelaron que la RV era más adecuada para la evaluación, principalmente debido al hecho de que los participantes tenían más libertad para realizar tareas y utilizar herramientas, incluso en el entorno virtual. Por otra parte, en el estudio realizado en 2016 se observó una limitación en la interacción debido a que una de las manos debía sostener la tableta en el caso de la Realidad Aumentada. Sin embargo, es importante destacar que, en la actualidad, con el uso de gafas de RA, se ha logrado la posibilidad de interactuar con elementos digitales sin necesidad de utilizar las manos, lo cual podría tener implicaciones en los resultados del estudio mencionado. En otro estudio en un entorno de planta química, se demostró que los usuarios de un entorno virtual previo eran capaces de identificar más riesgos en un entorno real que los usuarios del contenido tradicional (Bell et al., 1997). Así pues, la utilidad y los beneficios de las realidades extendidas y los dispositivos móviles en el entorno educativo son evidentes.

Además, es importante tener en cuenta que el proceso de aprendizaje no se limita únicamente a las metodologías formales, sino que también abarca experiencias no formales e informales que forman parte de la vida del individuo. Según Coombs et al. (1973), el aprendizaje puede originarse en:

- Educación formal: donde el proveedor es una institución, la educación está estructurada y conduce a la obtención de un certificado. Esto incluye el sistema educativo, desde la educación primaria hasta la universidad, así como la educación profesional y los programas de formación.
- Educación no formal: cualquier actividad educativa que tenga lugar fuera del sistema formal y pueda desempeñar un papel importante en la consecución de los objetivos de aprendizaje.
- Educación informal: se basa en experiencias adquiridas a través de la vida cotidiana del individuo. No está estructurada y no conduce a una certificación, pero contribuye al conocimiento basado en la experiencia previa.

Considerando la importancia de la seguridad laboral, resulta evidente que tanto la educación formal como la informal desempeñan un papel crucial. Esto se debe a la variedad de factores que influyen en un entorno peligroso. En el transcurso de esta tesis, exploraremos cómo los avances tecnológicos pueden contribuir a mejorar el comportamiento de los usuarios en situaciones de riesgo, y cómo esto puede impactar positivamente en la seguridad laboral.

Los avances tecnológicos también llegaron al sector industrial, respaldando la transformación digital, impulsando así la adopción de la Industria 4.0 (Patil et al., 2023; Menezes et al., 2022; Machkour & Abriane, 2020). En este sentido, el uso de tecnologías como la realidad aumentada y virtual para la visualización de prototipos (Galán et al., 2021) y evaluaciones ergonómicas (da Silva et al., 2022; Cavalcanti et al., 2021; Barkokebas et al., 2020), así como el uso de gafas inteligentes y smartphones, que permiten la conexión remota con asistentes y otros dispositivos, está generando cambios en las industrias flexibles y distributivas (Evans, 2017).

Adicionalmente, la hiperconectividad de los procesos con el mundo digital a través de sistemas ciber físicos y del Internet de las Cosas (IoT), características de la Industria 4.0, ya está llevando a la consecución de los objetivos de cooperación entre humanos y tecnología digital de la Industria 5.0 (Millard, 2023). Esto se logra mediante el uso de robots industriales colaborativos, robots sociales y sistemas de inteligencia artificial. Un sistema se considera inteligente (Smith-Jackson & Wogalter, 2004) cuando posee las siguientes características:

- Capacidad para reconocer y controlar a los usuarios en un entorno operativo.
- Capacidad para ampliar una base de datos de información mediante la creación de agentes inteligentes.
- Capacidad para adaptar la información obtenida del usuario.
- Capacidad para personalizar la información al presentarla a los usuarios.

Es importante destacar que el concepto de “Smart” tiene un fuerte componente tecnológico, ya que se construye mediante la interacción de entornos en los que los diversos elementos pueden interactuar entre sí y con los individuos para generar nuevos servicios. En el ámbito de la educación, los autores consideran que los resultados “Smart” son aquellos que ayudan a obtener ventajas adaptativas durante el proceso educativo (Tikhomirov et al., 2015).

En el campo de la construcción, los avances en la revolución de las tecnologías de la información y la comunicación han introducido diversas herramientas y metodologías, como el *Building Information Modeling* (BIM). El BIM es una metodología de trabajo colaborativa para la gestión de proyectos de construcción, en la que todos los agentes involucrados trabajan de forma conjunta a lo largo del ciclo de vida del edificio (Besné et al., 2021). Para lograr esto, se utilizan modelos de información de edificios 3D semánticamente ricos. La capacidad de visualizar el proyecto de construcción en un entorno virtual permite identificar posibles conflictos y riesgos antes de la fase de construcción física (Sami Ur Rehman et al., 2022; Fargnoli & Lombardi, 2020). Mediante la detección temprana de interferencias entre sistemas, equipos y estructuras, el BIM facilita la planificación y la adopción de medidas preventivas para minimizar los peligros potenciales (Pouryaghoubi & Mohammadi, 2023).

La colaboración y comunicación mejoradas que ofrece el BIM también contribuyen a la seguridad en el trabajo (Parsamehr et al., 2023; Chatzimichailidou & Ma, 2022; Chen et al., 2020). Al promover la participación de todos los actores involucrados en el proyecto, se fomenta la identificación y la resolución conjunta de problemas relacionados con la seguridad. Esto incluye la coordinación de actividades, la definición de prácticas seguras y la implementación de medidas de protección adecuadas (Alzoubi, 2022; Srećković et al., 2022; Mutis & Ramachandran, 2021).

De esa manera, el BIM brinda una poderosa herramienta para la gestión de la seguridad en el trabajo en la industria de la construcción (Lu et al., 2021). Su capacidad para identificar y prevenir riesgos, así como para fomentar la colaboración y el cumplimiento de normativas, contribuye a mejorar las condiciones de trabajo y reducir accidentes y lesiones en el entorno laboral de la construcción. La colaboración y comunicación mejoradas que ofrece el BIM se amplifican mediante la RV siendo esta considerada un medio adecuado para involucrar a los agentes del proyecto desde las primeras etapas de diseño (Zaker & Coloma, 2018). Así los participantes pueden interactuar de manera virtual y simultánea, lo que favorece la identificación y resolución conjunta de problemas relacionados con la seguridad. Al fomentar la colaboración y la comunicación efectiva, el BIM y la RV pueden contribuir para crear entornos laborales más seguros y reducir los accidentes y lesiones en el sector de la construcción.

Considerando los avances tecnológicos previamente mencionados, se puede obtener una comprensión del contexto actual en el que se sitúa el objeto de esta tesis, así como identificar algunos de los principales factores que influyen en el entorno en el que se

desenvolverá. A continuación, se analizará con mayor detalle la Realidad Virtual, uno de los conceptos claves de esta tesis.

### 2.1.1 La Realidad Virtual y los dispositivos móviles

La Realidad Virtual (RV) se puede definir como un sistema tecnológico diseñado para simular las percepciones sensoriales de manera que el usuario las perciba como reales (Merriam-Webster, 2015; Sherman & Craig, 2003). Si bien esta definición inicial es limitada al no hablar de ambiente virtual, inmersión, etc., nos permite introducir el concepto global de trabajo que posteriormente detallamos. Permite sumergir a los usuarios en entornos virtuales generados por computadora y les brinda la capacidad de interactuar de forma activa con dicho entorno simulado, lo que les permite explorar, manipular objetos y participar en actividades virtuales.

La tecnología de realidad inmersiva tuvo sus inicios hace más de 40 años, cuando se presentó por primera vez como una idea demostrada en el laboratorio con *“The ultimate Display”*. El primer dispositivo de visualización de realidad virtual moderno (que no necesariamente era binocular) utilizaba pantallas electrónicas y renderizaba imágenes para cada ojo, además de contar con sensores que capturaban el movimiento del usuario y enviaban los datos a una computadora (Sutherland, 1965). Este sistema se empleó principalmente con propósitos militares, ya que se desarrolló para ayudar a los pilotos de combate en la puntería y el enfrentamiento. De hecho, el avance de este tipo de equipos lideró la evolución de la tecnología en las décadas siguientes, también con fines de entrenamiento (Cavalcanti et al., 2021). Durante los últimos 30 años, la RV ha evolucionado hasta convertirse en un sistema práctico, útil y cada vez más accesible (Olmos-Raya et al., 2018; Slater, 2009). Debido a sus características, dicha herramienta ha capturado rápidamente la atención como una de las tecnologías más emocionantes, desempeñando un papel importante en el imaginario colectivo y convirtiéndose en una disciplina de investigación y desarrollo en constante evolución (Conesa et al., 2023; García-Testal et al., 2022; Ríos & Pelechano, 2020; Fonseca et al., 2021b; Martens et al., 2019). Tiene aplicaciones en diversos campos como el entretenimiento, la educación, la medicina, la arquitectura y la industria, lo que ha generado una industria en crecimiento (Schroeder, apud Sanchez-Sepulveda et al., 2019). Su objetivo principal es proporcionar

experiencias inmersivas y realistas que amplíen las capacidades perceptivas y de acción de los usuarios.

Según Kalawsky (2000), se considera que un sistema es totalmente inmersivo cuando la información se presenta en un campo visual de 360°. Por otro lado, cuando se proporciona información en un campo visual inferior a 360°, se clasifica como semi-inmersivo. Los sistemas no inmersivos, por otro lado, suelen referirse a sistemas de mesa. Para lograr la inmersión total, se pueden utilizar dispositivos como cascos de visualización montados en la cabeza (HMD, del término inglés *“head-mounted display”*, Figura 3, parte derecha) o proyecciones en salas basadas en pantalla (PBD, por sus siglas en inglés del *“projection-based display”*), siendo las CAVE (Figura 3 parte izquierda) las más populares. Ambas fotografías fueron capturadas en Media Ford. En las CAVE, las imágenes se proyectan en pantallas ubicadas en una sala 3D inmersiva, lo que proporciona una experiencia visual e interactiva inmersiva (Feng et al., 2018).



Figura 3. Uso de la tecnología de Realidad Virtual en Ford. Fuente: ver texto.

Los avances en la producción de pantallas miniaturizadas con mayor definición y eficiencia energética han permitido el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual en diversos sectores (Muria-Tarazón et al., 2023; Carvalho et al., 2022; Fan et al., 2022; Gu & Zhou, 2022; Lovreglio et al., 2018; Olmos-Raya et al., 2018). En el ámbito de los juegos virtuales, los productos más asequibles fabricados por empresas como Sony y Sega en la década de 1990 despertaron el interés de los consumidores, lo que condujo al lanzamiento de dispositivos HMD, como HTC Vive y Oculus Rift en 2016. En el ámbito médico, estos dispositivos se utilizan para entrenamientos y cirugías a distancia, así como para mejorar la visualización de pruebas diagnósticas (Sen et al., 2018). En el campo de la ingeniería y la arquitectura, la realidad virtual y aumentada basada en dibujos CAD permiten la emulación y presentación de diseños

complejos a los clientes (Navarro & Fonseca, 2017). Los pilotos de aviones y drones también pueden acceder a imágenes generadas por aviones en tierra a un costo relativamente bajo (Valentino et al., 2017). En el ámbito del diseño participativo, la realidad virtual se ha convertido en una herramienta importante para evaluar productos y fomentar la participación del usuario en todas las etapas de un proyecto (Galán et al., 2021). Además, en el estudio del comportamiento humano en eventos de incendios, la realidad virtual es una herramienta valiosa y relevante, ya que permite minimizar las consecuencias y los costos (Vilar et al., 2014).

En el ámbito educativo, la realidad virtual ha demostrado ser una herramienta prometedora para mejorar el proceso de aprendizaje (Alcañiz et al., 2014; Bell et al., 1997; Winn et al., 2002). Al proporcionar entornos virtuales interactivos e inmersivos, la realidad virtual facilita la comprensión de conceptos complejos, fomenta la experimentación y la práctica seguras, y promueve la participación activa de los estudiantes. Además, supera las limitaciones de tiempo y espacio, permitiendo a los estudiantes acceder a lugares y experiencias que de otra manera serían inaccesibles, eliminando posibles distracciones y flexibilizando su uso. En este contexto, en 2006, Rizzo et al. presentaron un entorno virtual inmersivo (HMD VR V8) que se puede utilizar con diferentes propósitos, como evaluar la atención de los niños, valorar la ansiedad y entrenar el escape. En este último caso, se propone la técnica de “aprender haciendo”, con avatares que muestran respuestas emocionales y efectos de sonido. Se evaluaron dos técnicas: un grupo realizó tareas basadas en orientaciones interactivas, mientras que el otro exploró un entorno libre. Ambas experiencias demostraron ser efectivas.

En el ámbito de la seguridad, la realidad virtual ofrece una serie de ventajas:

- Permite evitar malentendidos de situaciones reales mediante la formación en emergencias (Bernardes et al., 2015), al presentar los peligros de manera directa y realista sin comprometer la seguridad de los individuos.
- Favorece el desarrollo de modelos mentales más precisos y completos en comparación con imágenes en 2D (Dede et al., 1999).
- Proporciona la posibilidad de interactuar con objetos dentro del entorno virtual a través de dispositivos de entrada como ratones, joysticks, guantes u otros, lo cual brinda a los alumnos un mayor control y refuerza el aprendizaje (Golovina et al., 2019).

- Mantiene la atención de los alumnos de manera más efectiva que la enseñanza presencial convencional.
- Permite que los instructores repitan el contenido de aprendizaje para múltiples participantes en las mismas condiciones de formación.
- Posibilita la verificación de las consecuencias de las acciones causa-efecto, permitiendo que los individuos evalúen sus acciones sin exponerse a riesgos.

Sin embargo, como señalan Duarte & Rebelo (2008), al utilizar la realidad virtual con fines de formación en seguridad, es necesario tener en cuenta que las personas perciben que los investigadores no las pondrán en peligro, lo cual puede influir en su comportamiento y desempeño.

En el ámbito militar, también se han llevado a cabo estudios que demuestran los beneficios de la realidad virtual en la formación. En 1997, Tate et al. desarrollaron un entorno virtual con estrés para mejorar la capacitación de los bomberos, donde podían evaluar la toma de decisiones. En este entorno, los aprendices debían realizar sus tareas en un entorno muy similar al real. Los resultados revelaron una diferencia significativa entre el grupo que utilizó la realidad virtual y el grupo de formación tradicional. El grupo que utilizó la realidad virtual mostró mayor seguridad y enfoque en la ejecución de sus tareas.

Al diseñar un entorno virtual inmersivo, es importante considerar diversos factores que facilitan la experiencia inmersiva. Sin embargo, las diferentes situaciones y objetivos de uso de la realidad virtual dan lugar a diferentes definiciones. En los juegos, por ejemplo, la inmersión se considera una característica central que motiva a los jugadores a sumergirse en mundos virtuales y a interactuar con el contenido. En este contexto, surgen las siguientes dimensiones como facilitadoras del diseño de experiencias inmersivas: (i) sistemas, (ii) espacio, (iii) narrativa/secuencia, (iv) empatía/aspectos sociales, (v) táctica y (vi) estrategia (Adams, 2004; Haggis-Burridge, 2020).

El espacio, además de constituir la visual del entorno, delinea el contexto cultural y la historia de fondo, necesarios para contextualizar al usuario y aumentar su sensación de presencia, es decir, la sensación de “estar ahí” en el mundo virtual en lugar de en el mundo físico (Slater, 2009; Alcañiz, 2007; Winn et al., 2002).

El contenido hace uso de colores, formas, iluminación y materiales de apoyo, como menús y documentación cuando sea necesario (Dickey, 2005). Al desarrollar el contenido, es

importante tener en cuenta algunos puntos. Por ejemplo, aunque la narración auditiva tiene ventajas, excluye el carácter universal, que es una fortaleza de la tecnología. Además, la realidad virtual no es un medio apropiado para proporcionar información textual (Bell et al., 1997). El uso de menús y cuadros de texto también disminuye la presencia subjetiva del usuario en la experiencia y, por lo tanto, hace que las personas se comporten de manera diferente a la vida real (Nedel et al., 2016).

Además, se debe prestar especial atención a la interfaz persona-ordenador para ofrecer una experiencia adecuada. Es importante tener en cuenta que, al utilizar un simulador, el individuo enfrentará una carga cognitiva adicional derivada de la interfaz (Jorge et al., 2013). También es necesario un buen diseño instruccional con orientaciones claras sobre las tareas y acciones del sistema, como instrucciones sobre el uso del controlador, cuando corresponda (Bell & Fogler, 1996). Por lo tanto, es de gran importancia evaluar la usabilidad y la satisfacción para lograr una mejor adaptación al usuario.

En resumen, la realidad virtual es una tecnología en constante desarrollo que ofrece amplias oportunidades en diversos campos, incluyendo la seguridad. Su capacidad para proporcionar experiencias inmersivas y envolventes puede mejorar significativamente el proceso de aprendizaje al permitir que los participantes exploren y participen activamente en entornos virtuales. Sin embargo, es necesario abordar los desafíos asociados para maximizar su potencial y garantizar su aplicación efectiva en el ámbito de la seguridad en el lugar de trabajo.

### 2.1.2 Emociones y presencia

La presencia es un concepto fundamental en la realidad virtual (Botella et al., 2009). Definida como la experiencia subjetiva de sentir el mundo virtual como si fuera real (Slater, 2009), la presencia será mayor cuanto más intensa sea la experiencia. La presencia tiene dos características importantes para la usabilidad: inmersión e implicación.

La inmersión se refiere a un estado psicológico en el que el individuo se siente envuelto, incluido e interactuando con un entorno que proporciona un flujo continuo de estímulos y experiencias (Witmer & Singer, 1998). Por otro lado, la implicación es el estado psicológico en el que el individuo centra su atención y energía en un conjunto específico de estímulos (Sun et al., 2015). La implicación depende del grado de importancia o significado que el individuo

atribuye a los estímulos, actividades o eventos presentes en el entorno virtual. Así, si el usuario centra más su atención en el entorno virtual, como consecuencia estará más implicado en él. En cambio, si el usuario está más preocupado por sus problemas personales, estará menos implicado. Los conceptos importantes para la presencia se basan en la atención, la conectividad y la coherencia del flujo de estímulos.

Para lograr una mayor sensación de presencia inmersiva en entornos virtuales, los dispositivos tecnológicos, los sistemas de seguimiento y los dispositivos móviles con alta precisión en la reproducción de estímulos sensoriales desempeñan un papel crucial. Por ejemplo, los cascos de realidad virtual utilizan pantallas de alta resolución y tecnología de seguimiento para ofrecer una experiencia visual inmersiva. Los sistemas de seguimiento del movimiento, como los controladores hápticos o los guantes, permiten una interacción precisa con los objetos virtuales, mejorando así la sensación de presencia.

Un factor que influye directa y negativamente en la presencia es el mareo cibernético (Witmer & Singer, 1998). Por lo tanto, a la hora de evaluar la sensación de presencia, es de gran importancia evaluar el grado de mareo cibernético, y esto es posible utilizando el *Simulator Sickness Questionnaire* (SSQ) (Kennedy et al., apud Witmer & Singer, 1998).

La plausibilidad, que se refiere a la ilusión de que el escenario representado en el entorno virtual está ocurriendo realmente, aunque se tenga la certeza de que no está sucediendo (Slater, 2009), también es un concepto importante relacionado con RV. La plausibilidad no requiere una reproducción física realista, sino que se enfoca en la percepción y la conexión continua de los estímulos presentes en el entorno virtual.

Slater (2009) refuerza que la presencia es cómo se percibe el mundo, mientras que la plausibilidad se refiere a lo que se percibe.

Considerando las variables de contenido, Sandowiski & Stanney apud (Bouchard et al., 2008) las clasifican en: facilidad de interacción, control de la iniciativa por parte del usuario, realismo pictórico, duración de la exposición, factores sociales, factores internos y factores del sistema. Algunos fundamentos relevantes ya encontrados en este campo son que el realismo pictórico y la interactividad aumentan la presencia (Welch et al., 1996). De este modo, la presencia es más fuerte si hay actividades manipulativas en comparación con las puramente observacionales (Nedel et al., 2016).

Así, una reproducción más precisa y realista de los estímulos visuales, auditivos y táctiles contribuirá a una mayor sensación de presencia inmersiva. Además, la interacción háptica y la

retroalimentación también desempeñan un papel fundamental en la creación de una experiencia más inmersiva y realista. Es importante señalar que el realismo no requiere contenidos del mundo real, sino que se refiere a la conexión y continuidad de los estímulos que se experimentan (Witmer & Singer, 1998).

La presencia en la realidad virtual puede ser evaluada tanto de manera subjetiva como objetiva. La evaluación subjetiva se realiza a través de una autoevaluación respaldada por cuestionarios completados dentro ( $_{IN}VRQs$ ) o fuera ( $_{OUT}VRQs$ ) del ambiente virtual. Por otro lado, la evaluación objetiva se basa en datos derivados del comportamiento físico del usuario mientras está inmerso en el entorno virtual (mediciones conductuales) o en datos recopilados de las actividades del sistema nervioso simpático a través de dispositivos (mediciones fisiológicas) durante la experiencia virtual.

Los cuestionarios fuera del entorno virtual se refieren a la aplicación de cuestionarios típicamente presentados en formato impreso o digital que los participantes completan después de salir del entorno virtual, retirarse el dispositivo de visualización y regresar al mundo físico (Jerald, 2016). Este método es predominante en la literatura científica (Slater & Steed, 2000; Putze et al., 2020) debido a su facilidad de implementación y la falta de necesidad de modificar el entorno virtual. En contraste, los  $_{IN}VRQs$  implican la inclusión de cuestionarios directamente en el entorno virtual, permitiendo a los participantes responder mientras están inmersos en la experiencia (Frommel et al., 2015). Aunque esta modalidad se ha vuelto cada vez más común en la investigación contemporánea, basada en la intuición de que puede mitigar el sesgo de la Interrupción de la Presencia (Putze et al., 2020), presenta desafíos en términos de usabilidad en comparación con los  $_{OUT}VRQs$  (Alexandrovsky et al., 2020) y aún no ha sido completamente validada para su uso en estudios de Realidad Virtual (Alexandrovsky et al., 2020; Schwind et al., 2019). Por estas razones, además de considerar la prolongación del tiempo de uso de los dispositivos de visualización, optamos por descartar esta opción en el contexto de nuestro estudio.

Entre los cuestionarios más relevantes utilizados en la literatura destacamos el “*Slater-Usuh-Steed Questionnaire*” (SUS) (Slater, et al., 1994). Este cuestionario consta de 6 preguntas, que se califican en una escala que va desde baja presencia hasta fuerte presencia (7 puntos en una escala Likert). Otro cuestionario utilizado es el “*ITC-Sense of Presence Inventory*” (Lessiter et al., 2001) que consta de 63 preguntas que se responden en una escala Likert de 5 niveles. Estas preguntas abordan aspectos relacionados con la sensación de espacio, implicación,

atención, distracción, control y manipulación, naturalidad, tiempo, realismo y realismo conductual, relevancia personal y efectos negativos.

Estos cuestionarios son herramientas útiles y sobre todo herramientas validadas para obtener medidas subjetivas de la presencia en la realidad virtual y capturar la experiencia percibida por los usuarios.

La evaluación objetiva del comportamiento puede llevarse a cabo mediante la observación de las reacciones y comportamientos naturales del usuario en respuesta a estímulos presentados en el entorno virtual (Held & Durlach, 1991; Sheridan, 1996). Esta metodología a menudo implica la incorporación de situaciones que involucran peligro o incomodidad en el entorno virtual, lo que ha llevado a argumentos en la literatura de que solo son aplicables en contextos que generen ansiedad (por ejemplo, respuestas a amenazas), siendo menos efectivas en situaciones cotidianas (Alexandrovsky et al., 2020).

La evaluación fisiológica se basa en la medición de parámetros fisiológicos, como la frecuencia cardíaca, la temperatura de la piel y la conductancia eléctrica de la piel, obtenidos mediante dispositivos externos y que requieren una administración compleja (Skarbez et al., 2017; Putze et al., 2020). Durante episodios de excitación emocional, se observa un aumento en la frecuencia cardíaca, acompañado de una marcada variabilidad en la conductancia eléctrica de la piel. Dado que este método se considera intrusivo y requiere una gestión meticulosa, no se ajusta a los objetivos de nuestro estudio.

Es relevante mencionar que el estrés, el miedo y la ansiedad conducen a una mayor sensación de presencia (Bouchard et al., 2008; Peperkorn et al., 2015). Pero también pueden afectar el rendimiento y la realización de tareas (Won et al., 2016). Para tener en cuenta dichas emociones, es necesario considerar cuestiones éticas y morales, siendo necesario alcanzar un compromiso entre el realismo del escenario y la reacción emocional que puede generar la experiencia inmersiva (Lovreglio et al., 2018).

En resumen, los trabajos previos en el campo de la RV han demostrado dichos entornos tienen la capacidad de inducir estados emocionales en los individuos. También los avances en dispositivos tecnológicos, sistemas de seguimiento y dispositivos móviles con una alta precisión en la reproducción de estímulos sensoriales han ampliado las posibilidades de crear una sensación de presencia inmersiva en entornos virtuales. Estos avances brindan a los usuarios una mayor conexión y participación en los mundos virtuales, mejorando así la experiencia general de la realidad virtual.

Sin embargo, es fundamental tener precaución al diseñar tareas que sean capaces de cautivar a los usuarios mientras están inmersos y colocarlos en desafíos interesantes similares a los que se encuentran en escenarios del mundo real (Rebelo et al., 2012). Esto subraya la importancia de los factores humanos para alcanzar los objetivos previstos.

### 2.1.3 Ergonomía de la experiencia inmersiva

La experiencia humana es un proceso multisensorial que se diversifica en función de los cambios en la percepción y las experiencias individuales. En este contexto, la ergonomía se presenta como una disciplina indispensable para garantizar una interacción humana efectiva con las nuevas tecnologías, asegurando altos niveles de usabilidad (eficiencia, facilidad de aprendizaje y satisfacción), funcionalidad adecuada (navegación y manejo de interfaces fáciles) y logro de diversos propósitos (Cavalcanti et al., 2021). Para comprender qué aspectos contribuyen a una experiencia óptima, es necesario considerar las investigaciones recientes que abordan cuestiones técnicas y estructurales de los dispositivos tecnológicos, teniendo en cuenta variables como la inmersión y la comodidad del usuario.

En el ámbito de la realidad virtual, uno de los mayores desafíos es abordar los efectos adversos para la salud derivados de su uso, los cuales se han denominado en la literatura como enfermedad de la realidad virtual (Kim et al., 2018), ciber enfermedad (LaViola, 2000) o enfermedad del simulador (Saredakis et al., 2020). Estos términos se refieren a cualquier malestar experimentado como resultado del uso de la RV, ya sea con o sin movimiento. Durante una experiencia inmersiva, los usuarios pueden experimentar síntomas como cinetosis, desorientación espacial, náuseas, fatiga visual, dolores de cabeza, mareos, entre otros (Chang et al., 2020). A menudo, estos síntomas son temporales y se presentan inmediatamente después o durante períodos de inmersión en entornos virtuales, de manera similar a situaciones que ocurren en nuestra vida cotidiana, como viajar en un medio de transporte poco familiar. Al igual que en la vida cotidiana, la aparición de estos síntomas puede mitigarse o eliminarse mediante una exposición continua a las tecnologías de realidad virtual (Silva, 2016).

Para abordar este tema en profundidad, se ha recurrido a la literatura de diversas áreas que examinan esta cuestión desde diferentes perspectivas, como la informática, la comunicación, el diseño, la psicopatología, la psicología, la ingeniería y las matemáticas

(Cavalcanti et al., 2021; Fonseca et al., 2021b; Ayabe, 2020; Chang et al., 2020; Silva, 2016; Quintana et al., 2014).

Según la bibliografía, se han identificado varias causas principales para los síntomas asociados a la enfermedad de la realidad virtual. Estas causas están relacionadas con la discrepancia entre la información enviada al cerebro por el sistema vestibular en el oído interno y la información sensorial recibida por otros sentidos, especialmente la visión. Esta discrepancia puede ocurrir cuando una experiencia de RV propone movimientos que no ocurren simultáneamente en el mundo real. Por ejemplo, la visión y el oído de un usuario pueden informar a su cerebro que están sobrevolando un área, mientras que su cuerpo físico permanece en reposo, sentado en una silla. Esta falta de coincidencia en la información puede generar confusión en el sistema nervioso, activando señales de malestar, y se basa en los principios de la Teoría del Reagrupamiento Sensorial, que es ampliamente aceptada por los investigadores (Silva, 2016).

Entre las causas identificadas, se encuentran:

- Latencia: se refiere al tiempo que transcurre desde el movimiento realizado por el usuario en el entorno real hasta que se produce el movimiento correspondiente en la simulación virtual. Cuanto menor sea la latencia, menor será el intervalo de tiempo y, por lo tanto, menor será la incomodidad para el usuario (Fonseca et al., 2021a). Se sugiere que la latencia no debe superar los 20 ms (Cavalcanti et al., 2021).
- Parpadeo: se refiere a la fluctuación o cambio rápido de brillo en la pantalla de las gafas de realidad virtual (Kelly, 1972). Esto puede ocurrir debido a la frecuencia de actualización, la luminancia y el campo de visión de la pantalla.

También se ha observado una fuerte correlación entre el tiempo de exposición y la enfermedad de la realidad virtual, donde exposiciones más largas aumentan el riesgo de experimentar síntomas (Stanney et al., 2003; Saredakis et al., 2020). Por ejemplo, se ha encontrado que los síntomas de la enfermedad de la realidad virtual aumentan en incrementos de 2 minutos, alcanzando las puntuaciones más altas en el último tramo de una experiencia de 10 minutos (Moss & Muth, 2011). Sin embargo, una revisión reciente señala que algunas personas pueden desarrollar una resistencia o adaptación a lo largo del tiempo a los malestares asociados con la realidad virtual, especialmente a través de varias sesiones (Saredakis et al.,

2020). Es importante destacar que los efectos de esta variable están fuertemente correlacionados con el contenido del entorno de realidad virtual (como video 360° o entornos de juego minimalistas, cambios visuales lentos o rápidos) (Saredakis et al., 2020).

Además, otros factores que influyen en la aparición de enfermedades de la realidad virtual incluyen el tipo de equipo utilizado para la inmersión, como el sistema de visualización (HMD o PBD), las características gráficas del entorno de realidad virtual, el tamaño y peso del hardware (por ejemplo, las gafas de RV), el campo de visión proporcionado por el dispositivo de visualización, la ansiedad y las condiciones ambientales (Cavalcanti et al., 2021; Quintana et al., 2014).

Entre las soluciones propuestas para abordar este problema, se han identificado las siguientes:

- Configuración del campo de visión: un campo de visión más reducido puede hacer que los movimientos del casco de realidad virtual sean más perceptibles, lo que requiere una mayor concentración por parte del usuario al mover la cabeza (Yamaguchi et al., 2019).
- Utilización de la técnica de Timewarp/Reproyección.
- Coordinación adecuada de los valores de aceleración angular del usuario y del avatar: esto implica ajustar adecuadamente el valor máximo de aceleración angular del avatar virtual al girar la cabeza, de manera que se corresponda con la capacidad de aceleración angular del usuario (Silva, 2016).
- Ajuste adecuado entre los dispositivos de visualización (HMD) y los usuarios: esto ayuda a evitar presiones indebidas que puedan causar dolores de cabeza u otras molestias.
- Establecimiento de un tiempo máximo de experiencia de inmersión de 20 minutos, con pausas planificadas si no es posible cumplir este límite (Kim et al., 2005).

Según la bibliografía, los tres principales métodos de evaluación de la ciberenfermedad son los siguientes:

- Cuestionario de mareo en simuladores (SSQ, por sus siglas en inglés *Simulator Sickness Questionnaire*): los participantes de una experiencia de realidad virtual completan un cuestionario en el que asignan grados de intensidad a los síntomas

experimentados durante la experiencia. Los síntomas se clasifican en áreas como náuseas, problemas oculomotores y desorientación. La puntuación total del SSQ se obtiene multiplicando las ponderaciones por las puntuaciones de las escalas. Este método es ampliamente utilizado para medir el mareo en entornos virtuales (Saredakis et al., 2020).

- Evaluación de la inestabilidad postural: se relaciona con la teoría de que los efectos de la ciberenfermedad se deben a la incapacidad del individuo para mantener una postura alineada con el horizonte durante períodos prolongados.
- Análisis de datos fisiológicos: se realiza mediante la monitorización de datos como la frecuencia cardíaca y la actividad cerebral de los individuos mientras experimentan la inmersión. Se utilizan dispositivos de electroencefalografía (EEG) y otros sensores.

En el marco de esta investigación, se ha elegido el *Simulator Sickness Questionnaire* (SSQ) como método de evaluación no intrusivo debido a su amplia aceptación en la comunidad científica. El SSQ permite cuantificar la intensidad de los síntomas experimentados durante una experiencia inmersiva. Dado que la sensación de presencia desempeña un papel fundamental en nuestro análisis, resulta relevante examinar tanto estos síntomas como aquellos recurrentes en la narrativa que buscan generar emociones específicas en los usuarios, como el estrés. No obstante, es necesario complementar este enfoque de evaluación con otros métodos que proporcionen información adicional sobre los usuarios, a fin de obtener una comprensión más completa de su experiencia inmersiva.

Al diseñar una experiencia inmersiva, en la que el agente es activo (es decir, el usuario quien determina el curso de su interacción dentro de la RV) debemos tener en cuenta que el usuario se sienta como si estuviera dentro de la plataforma. Así que, para lograr una experiencia inmersiva satisfactoria, se recomienda proporcionar a los usuarios la libertad de realizar movimientos naturales, como girar, explorar el entorno y mover sus extremidades. Esto implica contar con un área física adecuada, preferiblemente de al menos 2 metros por 1,5 metros, que brinde a los usuarios una zona de confort suficiente para desplazarse a pie durante la experiencia (Vive, 2018). Al ofrecer este espacio necesario, se fomenta una mayor sensación de inmersión y libertad de movimiento, lo que contribuye a una experiencia más realista y satisfactoria dentro del entorno virtual.

Finalmente, es importante resaltar que dichas consideraciones y enfoques son relevantes no solo en el ámbito del diseño de experiencias inmersivas, sino también en el desarrollo de juegos serios y aplicaciones de entrenamiento, como se discutirá en el siguiente apartado.

#### 2.1.4 Juegos Serios, aprendizaje basado en juegos y gamificación.

En virtud de su capacidad para fomentar la participación y el compromiso del usuario, los juegos trascienden cada vez más el ámbito del entretenimiento y adquieren una mayor funcionalidad en nuestra vida (Connolly et al., 2012; Deliyannis & Kaimara, 2019; Fonseca et al., 2021a; Lavoué et al., 2019). De esta manera, han surgido los conceptos de juegos serios y gamificación, los cuales están captando cada vez más la atención de organismos de financiación, disciplinas académicas y diversas industrias (Dorling & McCaffery, 2012; Calvo et al., 2018; Koivisto & Hamari, 2019; Redondo et al., 2020). La base de ambos conceptos puede considerarse como una consecuencia de la reutilización y expansión de los juegos más allá del entretenimiento, pero se trata de dos enfoques distintos.

El aprendizaje basado en el juego y la gamificación son considerados nuevos enfoques educativos que emplean mecanismos de juego relevantes y recursos de aprendizaje vitales para facilitar la adquisición e internalización de conocimientos pertinentes. Bell (2017) los define como la utilización de características del juego como el cuestionamiento, el desafío y la colaboración en el proceso de aprendizaje.

La gamificación se define comúnmente como la aplicación de estrategias de juego en un contexto no lúdico (Deterding et al., 2011) con un propósito específico (Gabe & Cunningham, 2011). No se trata necesariamente de un juego, sino de la incorporación de elementos de los juegos en nuestras actividades diarias. En general, esta técnica busca hacer más atractiva una actividad o proceso inicialmente aburrido, con el fin de potenciar la motivación, la concentración, el esfuerzo y el compromiso de la persona que lo realiza (Nedel et al., 2016). Aunque no constituye propiamente una metodología académica, puede potenciar el proceso de aprendizaje (Villagrasa et al., 2014).

Dependiendo de sus objetivos, la gamificación puede utilizarse para:

1. Motivar a las personas hacia un objetivo específico.
2. Fomentar la adquisición de nuevos conocimientos a través de la formación.

3. Promover cambios en los comportamientos sociales para un cambio de conducta.

Recientemente, los investigadores han centrado su atención en la jugabilidad y el atractivo de las técnicas de gamificación para la evaluación del comportamiento humano (Connolly et al., 2012; Merchant et al., 2014), así como para la formación, el aprendizaje y el desarrollo de habilidades (Deliyannis & Kaimara, 2019; Moreira et al., 2020; Gomez et al., 2021), y para involucrar al usuario final en el proceso de diseño participativo (Devisch et al., 2016; Sanchez-Sepulveda et al., 2019), entre otros aspectos. Esto se debe a que, desde una perspectiva psicológica, los entornos gamificados pueden considerarse entidades de autoaprendizaje y autorrealización donde se promueve y mantiene el cambio de comportamiento (Baranowski et al., 2011). Además, estos entornos pueden estar estrechamente alineados con el diseño de experiencias educativas de calidad (Koster, 2013), permitiendo a los jugadores generar de manera natural secuencias ricas de acciones mientras llevan a cabo tareas complejas basándose en sus habilidades (Shute et al., 2009).

Sobre los juegos serios, se trata de juegos creados con el propósito principal de entretener, pero que incorporan al menos un objetivo adicional, como el aprendizaje o la salud (Dörner et al., 2016). Algunos autores clasifican los objetivos de los juegos serios, como lo plantean Michael & Chen (2005), quienes sostienen que un juego serio es aquel en el que el entretenimiento, el placer o la diversión no es su objetivo principal. Por otro lado, otros autores no atribuyen una jerarquía a los objetivos, considerando suficiente la presencia de un objetivo adicional junto a la diversión, como se mencionó anteriormente (Dörner et al., 2016). En todos los casos, es evidente que, en el ámbito educativo, los juegos serios brindan la oportunidad de aprender mediante la experiencia y la exploración (Gomez et al., 2021). Esto concuerda con el contexto contemporáneo que enfatiza los resultados significativos durante el proceso educativo.

En la literatura, no existe un consenso entre los investigadores respecto a una estructura específica para utilizar estas técnicas (Villegas et al., 2019). Sin embargo, se han empleado las estructuras más comúnmente utilizadas, tales como las propuestas por Werbach & Hunter (2012), Marczewski (2013) y el Canvas (Osterwalder et al., 2010). Según Werbach & Hunter (2012), se deben considerar las siguientes fases:

1. Definir objetivos.
2. Delimitar los comportamientos deseados.

3. Describir a los jugadores.
4. Planificar los ciclos de actividad.
5. No olvidar la diversión.
6. Utilizar las herramientas adecuadas.

Además, Werbach & Hunter (2012) señalan como elementos utilizados: dinámicas, mecánicas y componentes, como se puede observar en la siguiente pirámide Figura 4, obtenida de la misma fuente.

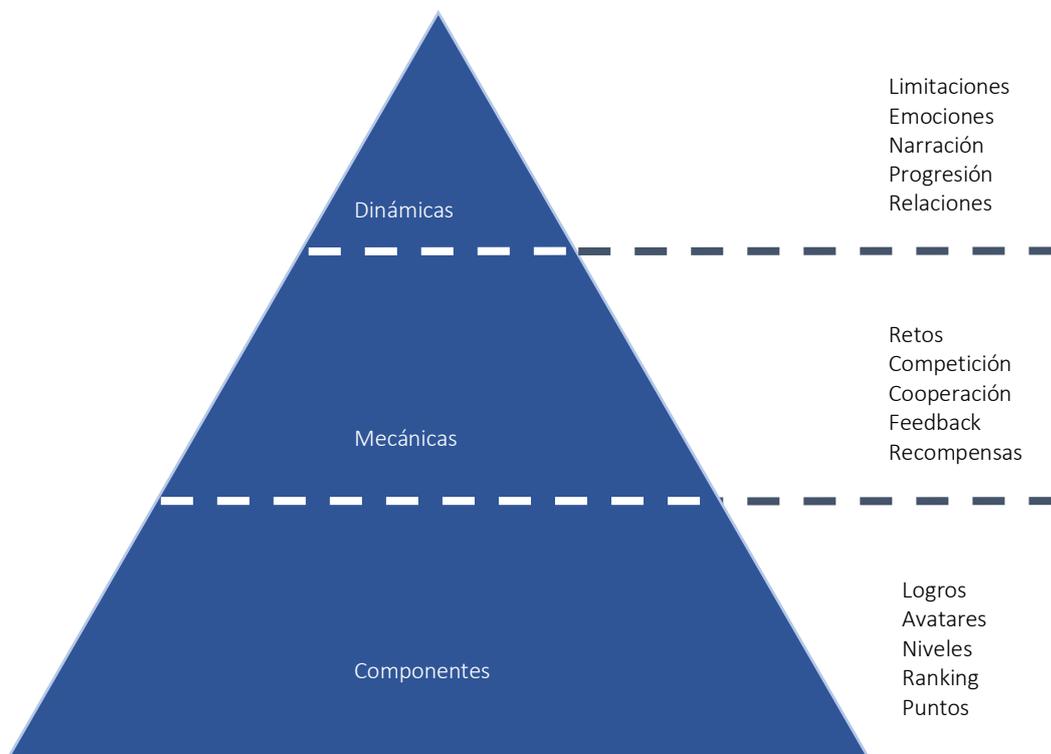


Figura 4. Pirámide de elementos de la gamificación. Fuente: en el texto.

Al desarrollar un juego, es crucial comprender su dinámica, que representa la interacción entre el sistema y el usuario. Esta dinámica incluye los siguientes aspectos (Lavoué et al., 2019; Ripoll, 2016; Caroux et al., 2015):

- Narrativa: se refiere a la historia en la que el usuario se sumerge mientras progresa en el sistema. Puede ser tanto real como fantástica, y se debe seleccionar el estilo que mejor se ajuste al objetivo perseguido.

- Emociones: engloba las sensaciones que generan curiosidad y competitividad en el usuario.
- Relaciones: se ocupa de la interacción entre el usuario y el juego, requiriendo que el jugador tome decisiones relacionadas con la partida (Dickey, 2005). Las relaciones proporcionan obstáculos que deben superarse en el juego.
- Progresiones y restricciones: las progresiones representan los objetivos que el usuario percibe en el sistema, mientras que las restricciones indican las limitaciones impuestas por el sistema al usuario.

En cuanto a la estética, se ocupa de la percepción de la sesión por parte del usuario (Alexiou et al., 2022; Mildner & Floyd Mueller, 2016). Es la que se utiliza para implementar la dinámica y la mecánica en un sistema. Los componentes incluyen: avatares, misión, combate, equipamiento, colecciones, desbloqueo de contenidos, tablas de clasificación, niveles, puntos y/o aspectos sociales.

Vicent et al. (2015) añaden la posibilidad de utilizar tecnologías basadas en estrategias de juego, lo que permite diseños más simples, actividades de autoaprendizaje, ejercicios de seguimiento y autoevaluación. Además, estas tecnologías se adaptan e integran fácilmente en entornos virtuales.

De esta manera, los juegos electrónicos y los videojuegos pueden ser una forma altamente efectiva de combinar tecnología y juegos serios con fines de aprendizaje. Según Presnky (apud Dickey, 2005), requieren un compromiso activo con el entorno durante su uso, lo cual favorece el desarrollo de habilidades de descubrimiento, observación y resolución de problemas. La premisa de los videojuegos es que los jugadores deben aprender a memorizar, colaborar y resolver problemas para explorar u obtener información adicional si desean avanzar en el juego. Entre los beneficios pedagógicos demostrados de los videojuegos se encuentran el desarrollo de habilidades cognitivas, espaciales y motoras, así como la mejora de las competencias en Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) (Felicia, 2022). Nuevamente, este enfoque destaca la capacidad de adaptación a diferentes perfiles, habilidades y necesidades del usuario. Por lo tanto, es posible ajustar el nivel de dificultad, la interfaz de usuario, el tipo de comunicación o la apariencia del avatar utilizado en el juego, lo que contribuye a un compromiso más sostenido, una sensación de progreso y una mejora en los resultados del aprendizaje.

La literatura académica describe cuatro modelos diferentes de manipulación de juegos y plataformas electrónicas con fines educativos (Nedel et al., 2016):

1. Navegación e interacción libres para explorar el entorno tridimensional con acceso a contenidos multimedia.
2. Presentación instructiva que demuestra cómo realizar la actividad.
3. Simulaciones guiadas que proporcionan alertas al usuario cuando se cometen errores y ofrecen información sobre la acción correcta.
4. Rendimiento libre con la entrega del resultado final al final de la simulación.

Algunos investigadores sostienen que el cuarto modelo es el más efectivo para la formación, lo cual está en línea con la teoría del constructivismo, que valora la participación del estudiante en el proceso de construcción del aprendizaje (Mildner & Floyd Mueller, 2016, Nedel et al., 2016). Por otro lado, otros investigadores afirman que, cuando se trata de contenidos fijos, como procedimientos, es más adecuada una narración no interactiva (Mollet & Arnaldi, 2006). Es importante destacar que este último autor considera como no interactivas algunas variables que pueden estandarizar la interacción, como la elección de objetos y la dinámica del menú.

Comprender cómo las personas se involucran en los videojuegos tiene implicaciones para el desarrollo de juegos serios efectivos. El concepto de “flujo” se refiere a la experiencia de participar en actividades donde los desafíos y las habilidades se equilibran progresivamente (Ma & Zheng, 2011; Csikszentmihalyi, 1988). Cuando los desafíos y las habilidades están desequilibrados, las personas pueden sentirse abrumadas (cuando los desafíos superan las habilidades) o aburridas (cuando los desafíos no implican las habilidades). Gregory (2018) resumió que la experiencia de flujo en los juegos se puede lograr mediante un diseño adecuado de la mecánica de juego y la interactividad.

Otro ejemplo de los artefactos utilizados por los videojuegos para mejorar la experiencia y que pueden ser aprovechados son las técnicas utilizadas para aumentar la atención del usuario y generar emociones, como la aparición repetida de monstruos cerca del avatar en juegos como *Resident Evil* (Chittaro & Buttusi, 2015). Estos artefactos clave son fundamentales en los videojuegos y pueden ser utilizados con fines formativos.

### 2.1.5 Los juegos serios virtuales inmersivos

La combinación de los juegos serios con la realidad virtual inmersiva ha dado lugar a los IVRSG (del término inglés, *Immersive Virtual Reality Serious Games*), los cuales tienen el potencial de mejorar el aprendizaje y los resultados conductuales de los juegos serios debido al proceso cognitivo especial que proporciona la realidad inmersiva (Feng et al., 2018).

Los IVRSG existen desde finales del siglo XX y se están convirtiendo en una herramienta popular para la formación y la investigación en diversas situaciones de emergencia, incluyendo evacuaciones de incendios (Smith & Ericson, 2009), emergencias aéreas (Chittaro & Buttussi, 2015), minas (Liang et al., 2019), lanzamientos de botes salvavidas (Jiang et al., 2018), emergencias en túneles y terremotos (Feng et al., 2020), construcciones, y otros. En otras palabras, se utilizan para crear conciencia sobre temas específicos o para capacitar al personal que trabaja en situaciones peligrosas o que ponen en riesgo la vida, como el personal militar, sanitario, trabajadores de plataformas petrolíferas y bomberos (Felicia, 2022). También se han empleado en situaciones donde las simulaciones realistas ofrecen una forma más segura y rentable de capacitar al personal.

Dada la relevancia de investigar en el campo de los IVRSG en el contexto de la seguridad y prevención de riesgos, esta tesis llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica que abarcó revistas científicas especializadas y actas de congresos. La búsqueda se centró en tres conceptos clave: realidad virtual inmersiva, juegos serios y seguridad y prevención de riesgos.

Se utilizaron diversas bases de datos, incluyendo Scopus (con búsqueda en los campos de título del artículo, resumen y palabras clave), Google Scholar y Web of Science. Con el propósito de obtener la cobertura más amplia posible de publicaciones pertinentes, se llevaron a cabo búsquedas utilizando la siguiente cadena booleana: “*virtual reality*” OR “*virtual environment*” OR “*virtual simulation*” OR “VR” AND Safety OR “*Occupational risk prevention*” OR “*job safety*”.

Se incluyeron los artículos que cumplían con los siguientes criterios: (i.a) presentaban una propuesta de IVRSG o (i.b) evaluaban y analizaban un prototipo de IVRSG existente; (ii) llevaban a cabo un experimento para recopilar datos relacionados con el comportamiento y/o el proceso de aprendizaje; y (iii) realizaban un análisis de los resultados obtenidos.

Se excluyeron aquellos artículos que no mencionaban IVRSG en los títulos o resúmenes, no incorporaban los principios de la realidad virtual inmersiva en sus prototipos, no realizaban

una evaluación del prototipo o carecían de un estudio de caso o experimento de seguimiento. Esta búsqueda bibliográfica se completó en septiembre de 2021.

Entre los trabajos seleccionados, la mayoría son recientes, publicados después de 2012 (n=17), lo cual concuerda con el hecho de que el término es relativamente nuevo, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen de los artículos con IVRSG elegibles.

Objetivo	Autores
Mejorar la actuación de los bomberos en un incendio al bordo de un barco	Tate et al. (1997)
Habilidades de orientación espaciales para la evacuación de naves espaciales	Aoki et al. (2007)
Motivar a los niños para que aprendan técnicas de seguridad contra incendios	Smith & Ericson (2009)
Evaluar el grado de comportamiento de señalización	Duarte et al. (2013a)
Evaluar la influencia de un agente social en el comportamiento de los participantes en una situación de evacuación de emergencia en un túnel.	Kinateder et al. (2015)
Evaluar el comportamiento en el procedimiento de evacuación con la carga cognitiva	Meng & Zhang (2014)
Evaluar las variables de la señalización visual luminosa para la evacuación de trenes (color, velocidad de parpadeo y tipo de luz)	Ronchi et al. (2015)
Formar a los ciudadanos comunes sobre las medidas que deben tomarse en caso de accidente aéreo	Chittaro & Buttussi (2015)
Evaluar el uso de luz verde para persuadir del uso del ascensor en el procedimiento de evacuación	Andrée et al., (2016)
Aumentar la conciencia espacial para una evacuación eficaz de la aeronave	Burigat & Chittaro (2016)
Analizar variables dinámicas x continuas en el sistema de iluminación del suelo para la evacuación de túneles ferroviarios	Cosma et al. (2016)
Evaluar la capacidad de percepción continua del riesgo	Nedel et al. (2016)
Enseñar a las personas a sobrevivir a los terremotos Formar a los usuarios en las acciones de agacharse, cubrirse y agarrarse. No recomendar ninguna acción para evacuar un edificio	Li et al., (2017)
Investigar cómo se comportan los ocupantes de un edificio en una situación de emergencia sísmica	Lovreglio et al., (2018)
Formar y concienciar a los novatos sobre los lanzamientos y peligros de los botes salvavidas	Jiang et al., (2018)
Desarrollar un IVRSG con registro y análisis de datos en el momento de su uso	Golovina et al., (2019)
Entrenar a los trabajadores de las minas en percepción de riesgos	Liang et al.,(2019)
Capacitar a los participantes para mejorar la respuesta conductual ante los terremotos y la preparación para la evacuación tras el seísmo	Feng et al., (2020)
Evaluar el uso de la señalización de orientación para la experiencia del usuario en un entorno inmersivo.	Irshad et al., (2021)

En cuanto a las narrativas, los estudios encontrados utilizaron los siguientes métodos basados en (Feng et al., 2018):

- **Acción:** los participantes debían elegir la opción correcta para avanzar en el juego. De esta manera, las historias se desarrollaban a través de una secuencia de acciones realizadas por los participantes (Irshad et al., 2021; Feng et al., 2020; Liang et al., 2019; Chittaro & Buttussi, 2015; Tate et al., 1997).
- **Instrucción:** en este modelo, los participantes recibían instrucciones previas sobre cómo comportarse y, una vez inmersos en el entorno, tenían libertad para moverse a su gusto (Irshad et al., 2021; Andrée et al., 2016; Burigat & Chittaro, 2016; Cosma et al., 2016; Nedel et al., 2016; Meng & Zhang, 2014; Smith & Ericson, 2009; Aoki et al., 2007).
- **Recompensas:** sistema basado en puntos de premio por el rendimiento en el juego (Jiang et al., 2018; Li et al., 2017).
- **Entorno:** en este tipo de narrativa, teóricamente, los participantes tienen libertad para moverse por donde deseen. Sin embargo, en la práctica, el entorno presenta peligros que solo permiten un camino posible (Golovina et al., 2019; Ronchi et al., 2015; Duarte et al., 2013a; Kinateder et al., 2015).

En cuanto a la representación del peligro, los estudios identificaron dos formas de representación (Feng et al., 2018): (i) peligros estáticos, que no generan ninguna acción o reacción por parte del usuario y su objetivo principal es bloquear un camino; y (ii) peligros dinámicos, que generan algún efecto o acción en el usuario, como visión borrosa debido al humo en un incendio. Ambas formas de representación aumentan el realismo y la sensación de autonomía al permitir al participante tomar decisiones sin sufrir daños.

Los sentidos estimulados principalmente fueron el auditivo, el visual y la interacción con el movimiento. Además, Meng & Zhang (2014) enriquecieron aún más la experiencia mediante la estimulación olfativa con la incorporación del olor a humo real. La estimulación de los distintos sentidos contribuye a generar un entorno más realista.

La tecnología utilizada para la inmersión fue principalmente HMD (dispositivos de visualización montados en la cabeza), con la excepción de algunos estudios (Andrée et al., 2016; Ronchi et al., 2015; Kinateder et al., 2015; Smith & Ericson, 2009) que emplearon PBD con

sistemas tipo Cave. La justificación más probable de esta elección es la mayor accesibilidad y flexibilidad de transporte de los HMD en comparación con los sistemas PBD.

En cuanto a la retroalimentación inmediata, un aspecto importante para la experiencia de aprendizaje, los estudios utilizaron diferentes formas de retroalimentación, como animación realista, sonido, tacto, puntos y cuadros de texto. Por ejemplo, en el estudio realizado por Chittaro & Buttussi (2015), se simula un accidente aéreo en el que el usuario debe tomar las acciones correctas. En caso de elegir una acción incorrecta, el juego muestra las posibles consecuencias y daños del error, y el jugador debe volver a realizar las acciones correctas. Comparado con el procedimiento tradicional, los usuarios que experimentaron el juego mostraron una retención de información significativamente mayor y un conocimiento más amplio. Esto puede atribuirse a la estimulación emocional del miedo y su relación con la retención, como se ha señalado en investigaciones anteriores en el campo de la psicología. En este estudio, los investigadores evaluaron la retención del procedimiento de seguridad mediante cuestionarios aplicados una semana después de la inmersión. Esta acción es interesante para medir el recuerdo de los procedimientos. Sin embargo, en el caso de nuestra exploración, donde el objetivo no es enseñar un procedimiento específico, sino evaluar la percepción de diferentes carteles con diferentes niveles y connotaciones de peligro, la valoración inmediata después de la inmersión es más relevante para nuestros propósitos.

Además, se encontraron propuestas para la integración de IVRSG con BIM tanto en el desarrollo de motores de juego (Irshad et al., 2021) como en la evaluación de datos (Golovina et al., 2019). Esta integración se ha explorado principalmente en juegos orientados a la formación de trabajadores en seguridad en entornos específicos, siendo la industria de la construcción uno de los campos más prometedores. El uso de BIM permite realizar simulaciones y análisis de seguridad en tiempo real, mejorando las condiciones de trabajo, asegurando el cumplimiento de normas y reglamentos, y brindando a los trabajadores una perspectiva más clara y realista de los riesgos presentes en el entorno de trabajo.

En resumen, las pruebas empíricas de los artículos revisados demuestran que las IVRSG son una herramienta prometedora para analizar el comportamiento de los participantes con distintos fines. Las simulaciones inmersivas atraen la atención mediante el uso de ricos elementos visuales que, al mismo tiempo, impregnan de conocimientos el aprendizaje diseñado. Sin embargo, las simulaciones en sí carecen del elemento competitivo intrínseco que caracteriza a un juego. La gamificación puede aumentar las competencias personales de riesgo

de los trabajadores, ya que, en lugar de observadores pasivos, los usuarios se involucran en estos entornos de aprendizaje como participantes activos, lo que permite el desarrollo de paradigmas de aprendizaje basados en el constructivismo. La flexibilidad de adaptación del entorno a los usuarios se presentó como una ventaja potencial. Además, la tecnología demostró ser una herramienta eficaz para la evaluación del comportamiento con la posibilidad de enfoques en una amplia gama de medidas.

Sin embargo, aún se requieren más estudios experimentales longitudinales para evaluar los efectos a largo plazo del entrenamiento con IVRSG. Williams-Bell et al. (2015) han señalado una posible desventaja, que es la incapacidad de las tecnologías de juego disponibles para representar con precisión un entorno virtual que imite la dinámica de los peligros. No obstante, consideramos que esta limitación está disminuyendo cada vez más debido a la creciente popularidad de la tecnología y al aumento del conocimiento en este campo.

#### 2.1.6 El perfil del jugador

Aunque los juegos actúen como motivadores, no tienen el mismo impacto en todas las personas. Existe una diversidad de preferencias entre los jugadores: algunos prefieren los juegos de acción, mientras que otros se inclinan más hacia los de estrategia, por ejemplo. Teniendo eso en consideración, varios estudios en el ámbito de la psicología, educación y de medios han investigado la relación entre el perfil del jugador y los comportamientos de los individuos (Lázaro & Sánchez, 2022; Siddiqi et al., 2019; Williams et al., 2008). Se ha encontrado evidencia de que el perfil del jugador puede influir en diferentes aspectos de la vida de una persona, incluyendo su comportamiento social, emocional y cognitivo. Se han propuesto diferentes modelos y clasificaciones para comprender esta diversidad.

Uno de los modelos más conocidos es el propuesto por Bartle (1996) que clasifica a los jugadores en cuatro tipos: (i) asesino, (ii) triunfador, (iii) socializador y (iv) explorador. Este modelo se basa en los diferentes enfoques y objetivos que los jugadores persiguen en los juegos. Así los asesinos son jugadores competitivos que buscan enfrentarse y derrotar a otros jugadores. Los triunfadores se centran en alcanzar objetivos y obtener recompensas. Los socializadores valoran la interacción social y las relaciones con otros jugadores. Mientras que los exploradores se dedican a descubrir y experimentar el mundo del juego. La taxonomía de

Bartle, constituye un punto de partida para explorar las motivaciones de los jugadores en los juegos en línea, e fue el concepto adoptado en esta tesis.

Además, se han identificado otros aspectos relevantes del perfil del jugador, como las preferencias de género en los tipos de juego, las motivaciones de logro, la preferencia por la cooperación o la competencia, y el nivel de inmersión (Kuss et al., 2022; Hernandez, 2011; Frostling-Henningsson, 2009; Yee, 2006). Así, Yee (2006) generó un conjunto de elementos de motivación basados en respuestas cualitativas que luego se agregaron a tipología de Bartle. De esta forma surgieron los cinco factores: logro, relación, manipulación, inmersión y escapismo. Los tres primeros factores corresponden a tres de los tipos de Bartle, mientras que las motivaciones de inmersión y escapismo fueron añadidos por Yee. Estos componentes representan los principales incentivos que impulsan a los jugadores a participar en los juegos virtuales.

Los perfiles del jugador pueden tener influencias significativas en los comportamientos y decisiones de los individuos (Klock et al., 2020). Por ejemplo, los jugadores con un perfil asesino pueden exhibir una mayor tendencia a la competitividad, la agresión y la búsqueda de confrontaciones, tanto dentro como fuera del entorno de juego. Los jugadores triunfadores pueden ser más propensos a establecer metas claras y perseguir el éxito en diferentes áreas de su vida experimentando una mayor satisfacción y logro cuando cumplen sus objetivos. Los socializadores pueden mostrar tener una mayor habilidad para establecer y mantener relaciones interpersonales. Los exploradores, pueden experimentar una mayor sensación de curiosidad y emoción.

En el ámbito cognitivo, se ha observado que los perfiles del jugador tienden a mostrar habilidades cognitivas específicas relacionadas con los juegos. Por ejemplo, los jugadores con un perfil explorador pueden desarrollar habilidades de resolución de problemas y pensamiento estratégico a través de su enfoque en descubrir y aprender sobre el mundo del juego. Los jugadores con un perfil triunfador, por su parte, pueden desarrollar habilidades de planificación y toma de decisiones al perseguir metas y recompensas en los juegos.

Además, el perfil del jugador puede influir en las decisiones de consumo de medios y productos relacionados con los videojuegos, como la elección de los juegos a jugar, la adquisición de consolas o computadoras de juego, y la participación en comunidades y eventos de gaming. Por esta razón, al desarrollar un juego formativo hay que tener en cuenta este factor,

puesto que la forma de explorar y se comportar dentro del entorno de aprendizaje va cambiar de un estilo de personalidad a otro.

Pero también es importante tener en cuenta que el perfil del jugador no determina completamente los comportamientos y decisiones de un individuo, ya que también intervienen otros factores personales, sociales y contextuales. Además, la mayoría de los estudios se basan en correlaciones y no pueden establecer una relación causal entre el perfil del jugador y los comportamientos observados.

Sin embargo, comprender estos datos puede proporcionar información valiosa para comprender cómo los videojuegos y la participación en la cultura del jugador pueden influir en la vida de las personas.

En resumen, el perfil del jugador puede estar asociado a ciertos comportamientos en diferentes áreas, como el comportamiento social, emocional y cognitivo e influir en los comportamientos y decisiones de los individuos, tanto dentro como fuera del entorno de juego. Comprender y estudiar el perfil del jugador es relevante para comprender la relación entre los videojuegos y los individuos, así como sus implicaciones en diversos aspectos de la vida cotidiana.

## 2.2 Seguridad laboral

La seguridad ocupacional es un aspecto fundamental en el entorno laboral. No basta poseer conocimientos sobre la tarea a realizar, es necesario que los trabajadores adquieran competencias específicas para llevar a cabo su trabajo de manera segura (Jorge et al., 2013). La gestión de la seguridad y salud en el trabajo es una responsabilidad crucial que abarca una serie de actividades orientadas al diseño, prevención, seguimiento y control de los riesgos laborales, así como a su mitigación y la implementación de medidas de protección (Carpio-de Los Pinos et al., 2021). El objetivo principal de esta gestión es garantizar la realización segura del trabajo, poniendo énfasis en la prevención de accidentes (La Rivera, 2023).

El riesgo es un concepto fundamental que se refiere a la probabilidad de que ocurra una lesión y los diferentes niveles de gravedad asociados a un accidente (Jorge et al., 2013). Por su parte, un accidente de trabajo se define como cualquier factor negativo que interfiere o interrumpe, de manera total, parcial, permanente o momentánea, el curso normal de una actividad laboral, sin importar si ocasiona lesiones corporales temporales o permanentes,

pérdida de tiempo, daños materiales y ambientales, o si estos factores están interrelacionados o no (Cavalcanti, 2003). Esta definición incluye tanto las enfermedades profesionales como aquellas relacionadas con el trabajo, excluyendo enfermedades degenerativas, inherentes al grupo de edad o que no generen incapacidad laboral.

En línea con lo anterior, Craig Wallace (2016), en su investigación sobre la conciencia de seguridad en las organizaciones, define la seguridad y salud ocupacional como las acciones, comportamientos y resultados que los empleados llevan a cabo en casi todos los trabajos para promover la salud y seguridad de sus compañeros de trabajo, clientes, público y medio ambiente. La seguridad debe ser considerada desde la concepción y planificación de un proyecto hasta su operación, fomentando entornos de trabajo óptimos y utilizando una serie de técnicas y procedimientos. Estas técnicas pueden clasificarse según su sistema de actuación:

- Técnicas de análisis de riesgos o técnicas analíticas: incluyen el control estadístico de accidentes, inspecciones de seguridad, investigación de accidentes, evaluación del comportamiento, evaluación de riesgos, control de calidad y otras. Estas técnicas pueden aplicarse tanto a factores técnicos como humanos.
- Técnicas de provisión de medidas preventivas o técnicas operativas: abarcan dispositivos de seguridad, señalización y otras acciones preventivas. Estas técnicas también pueden aplicarse a factores técnicos y humanos.

Además, estas técnicas pueden ser generales o inespecíficas, es decir, aplicadas a la gestión y organización en general, o específicas, enfocadas en riesgos específicos como incendios, sustancias químicas, electricidad, entre otros.

Tradicionalmente, la gestión de la salud y la seguridad se ha centrado en el diseño de procedimientos, políticas y prácticas de seguridad enfocando principalmente en el uso de protecciones individuales y colectivas y en la formación de los trabajadores. Eso se da con el objetivo de embutir al trabajador la conciencia del comportamiento seguro, que es considerado por mucho como el mejor método para incrementar la seguridad en el local de trabajo (Wallace, 2016). Pero tales acciones no tienen en cuenta que el comportamiento humano cambia de acuerdo con las características del entorno y presencia o no de estresores.

Por consiguiente, a pesar de los esfuerzos realizados en este campo, los accidentes laborales en todo el mundo continúan presentando altos índices. Aunque se han realizado muchos esfuerzos en este sentido, la mayoría de los accidentes ocupacionales se atribuyen a

la falta de medidas proactivas y preventivas, como la identificación y el control de riesgos, la capacitación de los trabajadores y la concienciación y educación en materia de seguridad (La Rivera, 2023; Reis & Verissimo, 2022; Zhou et al., 2015).

En la actualidad, los avances tecnológicos han dado lugar a una serie de herramientas que pueden utilizarse en este ámbito para mejorar el rendimiento ( Parsamehr et al., 2023; Chen et al., 2020; Hui et al., 2014), evaluar la experiencia del usuario (Ye et al., 2007), el aprendizaje y la formación (Le et al., 2015; Xu et al., 2014), y controlar sensores y sistemas inteligentes (Gu & Zhou, 2022).

Para que estas acciones sean eficaces, es necesario tener en cuenta los posibles escenarios, ya sea proporcionando información preventiva en un entorno sin estrés ni riesgo evidente, o en casos reactivos, cuando se presenta información relevante y crucial en momentos de alto riesgo y estrés, en presencia de un peligro evidente y de alto riesgo.

Según Jorge et al. (2013), el primer paso en la prevención de los accidentes ocupacionales es la competencia para percibir el peligro. Wogalter & Conzola (apud Smith-Jackson & Wogalter, 2004a) sostienen que la identificación de los peligros en su fase inicial promueve una comunicación eficiente del riesgo. Por lo tanto, aunque las investigaciones demuestran que las personas tienden a iniciar su comportamiento de supervivencia después de visualizar un peligro evidente (McConnell et al., 2010), el reconocimiento de estos peligros por parte de los profesionales de la prevención de riesgos debe haberse realizado previamente, como exploraremos en el siguiente apartado.

### 2.2.1 Percepción y comunicación del riesgo

La percepción es un proceso mediante el cual se toma conciencia de los estímulos sensoriales para reconocer eventos, entornos y objetos (Cavalcanti et al., 2021), y por lo tanto, es un proceso activo. La percepción de eventos y fenómenos está condicionada por valores que varían según supuestos, convenciones y prácticas.

El riesgo laboral puede definirse como condiciones inseguras que, directa o indirectamente, pueden dar lugar a accidentes (Cavalcanti, 2003), y puede clasificarse en diferentes categorías:

- Riesgos químicos: se producen por la interacción de sustancias, compuestos o productos con los organismos.

- Riesgos biológicos: riesgos de enfermedades generadas por organismos vivos, como bacterias, hongos y parásitos.
- Riesgos físicos: variables físicas inherentes al entorno al que están expuestos los trabajadores, como el ruido, la temperatura y las radiaciones.
- Riesgos de accidente: derivados de actividades que involucran maquinaria, equipos o simplemente riesgos derivados del entorno laboral.
- Riesgos ergonómicos: derivados de la interacción entre el hombre, la máquina y la tarea.

Se sabe que la percepción del riesgo está estrechamente relacionada con el comportamiento inseguro. El concepto de percepción del riesgo surgió en la década de 1960 y se refiere al juicio personal o intuitivo sobre los riesgos, influido por factores sociales y culturales (Jingwen et al., 2022). La mayoría de las investigaciones y hallazgos en este campo provienen del paradigma psicométrico de la psicología (Boholm, 2017). Por lo tanto, la percepción del riesgo tiene en cuenta cómo los individuos perciben, toleran y aceptan el riesgo.

La percepción está asociada a la interpretación de las sensaciones generadas por la experiencia y las expectativas del individuo (Bernardes et al., 2015), y, por lo tanto, varía de un sujeto a otro. Es una construcción social y cultural que se ve afectada por creencias, motivaciones, historias y relaciones con otras personas, lo que la hace asociativa y emocional. Por lo tanto, la percepción del riesgo es la capacidad de los individuos para identificar, utilizando sus sentidos naturales, las condiciones que pueden poner en peligro su salud e integridad (Jorge et al., 2013). Los individuos tienden a reaccionar en base a sus modelos de situaciones de riesgo potencial más que al riesgo en sí (Nedel et al., 2016).

Teniendo en cuenta esto, varios estudios recientes han evaluado las características individuales que predicen la percepción del riesgo y, consecuentemente, la incidencia de accidentes laborales. Se han destacado comparaciones entre géneros (hombres vs. mujeres), especialidades (expertos vs. no expertos) y áreas de conocimiento (ciencias vs. artes), como se puede observar en la Tabla 2. Principales referencias acerca de Percepción de Riesgos

También se ha demostrado que muchas otras características individuales predicen el desempeño y los resultados en seguridad, como el conocimiento en seguridad, la motivación por la seguridad, el locus de control, la asunción de riesgos y el neuroticismo (Wallace, 2016).

Tabla 2. Principales referencias acerca de Percepción de Riesgos

Características	Estudio	Diseño Experimental	Resultado
Género y orientación educacional (Artes x ciencias)	Karpowicz-Lazreg & Mullet (1993). Societal risk as seen by the French public	Replicación, cuestionarios y psicometría.	-las mujeres tienen medias más altas de percepción del riesgo en comparación con los hombres; - los estudiantes de ciencias tienen más miedo a determinadas técnicas médicas y sustancias tóxicas en comparación con los estudiantes de letras.
Ocupaciones Sociales x Ocupaciones técnicas; Región altamente industrializada x región de industrialización moderada	Goscynska, Tyszka & Slovic (1991). Risk Perception in Poland: a comparison with three other countries.	Replicación, cuestionarios y psicometría.	-los sujetos con ocupaciones sociales que residen en la región más industrializada tienen un mayor nivel de percepción del riesgo en comparación con aquellos cuya residencia se encontraba en una región moderadamente industrializada; -no se encontraron diferencias en el caso de los técnicos.
Influencia de la cultura y del género en la percepción del riesgo (USA x Japan)	Kleinhesselink & Rosa (1991). Cognitive Representations of risk perceptions: al comparison of Japan and United States.	Comparación, cuestionario, psicometría.	-se encontraron pruebas significativas de diferencias importantes en la percepción del riesgo al comparar géneros y culturas; -las mujeres japonesas tienen una percepción del riesgo similar a la de los hombres estadounidenses.
Influencia de la cultura en la percepción del riesgo (Chile x España)	Aragones, Talayero & Díaz (2003). Percepción del riesgo en contexto culturales diferentes.	Psicometría	-se constataron diferencias en la percepción del riesgo, que se ve directamente afectada por la presencia de la fuente de riesgo en cada contexto.
Relación de características sociológicas y psicológicas en la percepción de riesgos	Bastide, Moatti, Pages & Fagnani (1989). Risk Perception and the social acceptability of technologies: the French case.	Entrevista y evaluación de factores	-las mujeres perciben más riesgos asociados a la tecnología que los hombres; -las personas divorciadas, desempleadas, deprimidas o preocupadas por el medio ambiente tienden a percibir los riesgos como más graves cuando se comparan con las que tienen un nivel educativo alto.
Comparación entre categorías sociales (Tecnológicos, ambientalistas, monetarios y feministas) entre varios países	Rohrmann (1994). Risk Perception of different social groups: Australian findings and cross-national comparison.	Comparación, cuestionarios y modelo LISREL	-la percepción del riesgo es más diferente cuando se comparan clases sociales que nacionalidades; -los individuos de orientación tecnológica aceptan mejor los riesgos; -las personas feministas y ecologistas tienden a sobrevalorar más los riesgos.

Sin embargo, teniendo como base de datos SOCIOFILE, PSYCHLIT, PUBMED, PsychInfo y Embase no hemos encontrado en la literatura investigaciones que estudien las posibles relaciones entre el perfil del jugador y la percepción y el comportamiento frente al riesgo.

Cuando una persona evalúa la probabilidad de que ocurra un evento, generalmente se basa en su experiencia personal para extraer conclusiones. Esto puede dar lugar a dos situaciones distintas: (i) una alta percepción de riesgo, que lleva al individuo a adoptar medidas protectoras, o (ii) una baja percepción de riesgo, que implica una respuesta no protectora y la tendencia a ignorar las señales. La percepción distorsionada del riesgo actúa como mediador entre la variable predictiva y la acción protectora. Una percepción distorsionada del riesgo puede llevar al trabajador a concluir erróneamente que la probabilidad de que ocurra un evento es insignificante cuando en realidad es posible o probable, o incluso a subestimar la gravedad potencial de las lesiones resultantes, que pueden ser mortales (Haluik, 2016).

Existen tres condiciones asociadas a una mayor percepción del riesgo: (i) la presencia de un ser querido en el mismo entorno laboral (Bernardes et al., 2015), (ii) la sensación de urgencia y (iii) el encuentro con un peligro evidente (como la visualización de fuego, por ejemplo) (McConnell et al., 2010). Por otro lado, las personas tienden a subestimar los riesgos asociados con actividades cotidianas y situaciones habituales, mientras que tienden a sobreestimar los riesgos que generan un impacto emocional vívido (Haluik, 2016). Es probable que la percepción individual del riesgo también influya en los objetivos de riesgo y seguridad (Arezes & Miguel, 2008).

Estudios previos también han demostrado que las personas tienden a aceptar mejor los riesgos cuando se asocian con algún tipo de “beneficio” (Boholm, 2017). Por ejemplo, las personas tienden a aceptar mejor el riesgo de fumar que el de vivir cerca de una central nuclear.

La información y la comunicación de riesgos desempeñan un papel fundamental en la seguridad laboral, ya que se utilizan como recursos para reducir el riesgo y promover cambios en el comportamiento de los trabajadores a través de la información y la educación. La forma en que se presenta la información juega un papel crucial en la percepción y la respuesta del trabajador frente a una tarea específica (Cavalcanti, 2003). Es importante tener en cuenta que la información verbal tiende a ser interpretada de manera distorsionada y también puede tener una duración limitada en el tiempo.

La comunicación efectiva de riesgos influye en la toma de decisiones informadas y en la adopción de medidas de seguridad adecuadas (Xie, 1996). Proporcionar información clara,

precisa y accesible sobre los riesgos laborales permite a los trabajadores evaluar de manera más precisa la magnitud y las posibles consecuencias de esos riesgos (Zhang et al., 2022). Al comprender plenamente los peligros y sus implicaciones, los trabajadores están en una mejor posición para tomar decisiones que protejan su seguridad y la de sus compañeros de trabajo.

### 2.2.2 Comportamiento humano y toma de decisiones

La toma de decisiones implica seleccionar una opción entre varias alternativas o cursos de acción disponibles (Cavalcanti, 2003). Las consecuencias de estas decisiones se conocen como resultados y pueden estar influenciadas por valores subjetivos y eventos externos que escapan al control del individuo.

Al estudiar el ámbito de la seguridad y la prevención de riesgos, es de suma importancia considerar las reacciones y respuestas humanas en situaciones que requieren una atención especial. Cuando un individuo se enfrenta a un estímulo peligroso, sus primeras acciones suelen ser comprender, reconocer y pensar (Bernardes et al., 2015). Estos tres factores, que caracterizan la percepción del riesgo discutida anteriormente, son necesarios antes de tomar una decisión.

Entre las respuestas y emociones humanas frente al peligro, se destacan los siguientes aspectos:

- Pánico: se trata de un evento emocional y fisiológico que ocurre en el cuerpo humano y reduce la capacidad de los individuos para organizar sus pensamientos y elaborar respuestas racionales más complejas (Bernardes et al., 2015).
- Estrés: se puede describir como una experiencia emocional generalmente incómoda, que a menudo se acompaña de cambios bioquímicos, fisiológicos y de comportamiento en los seres humanos (Shanteau & Dino, 1993). Un estudio realizado en 1997 sobre un modelo de toma de decisiones en situaciones de estrés reveló una tendencia humana a optar por información irrelevante y no relacionada con la información relevante para tomar decisiones (Robert & Jockey, 1997).
- Ansiedad: se refiere a un estado de inquietud, inseguridad y preocupación ante situaciones percibidas como amenazantes o desafiantes.
- Miedo: es una emoción desencadenada por la percepción de un peligro real o imaginario, que impulsa a los individuos a buscar seguridad y protección.

Estas respuestas y emociones pueden influir en la forma en que las personas perciben y evalúan los riesgos, así como en las decisiones que toman en relación con la seguridad. Comprender estas reacciones humanas es crucial para desarrollar estrategias efectivas de seguridad y prevención de riesgos que tengan en cuenta tanto la percepción individual como los aspectos emocionales asociados a ellas.

Una característica esencial de la toma de decisiones humana es que su velocidad puede aumentarse de manera intencional, pero generalmente a costa de la precisión. Existe una correlación negativa entre la velocidad y la precisión en la toma de decisiones (Miler et al., 2008; Carrasco & McElree, 2001;) y en el procesamiento perceptivo (Dambacher & Hübner, 2014). La velocidad perceptiva se explica a menudo como una compensación, donde los límites de decisión más bajos bajo presión de tiempo conducen a respuestas más rápidas, pero más propensas a errores. Cuando aumenta la presión temporal, se produce una reducción correspondiente en la duración de los procesos de selección de estímulos y selección de respuestas por parte del individuo.

Otra cuestión importante a tener en cuenta en situaciones de incertidumbre es el estilo cognitivo del individuo. Cada individuo tiene su propio estilo cognitivo, que se deriva de factores personales como la edad, la capacidad verbal, la capacidad espacial y otros. Estas características interactúan con la información y pueden influir en el rendimiento esperado. Entre las diferentes teorías aplicadas, destaca la teoría de reflexividad-impulsividad de Kagan (1996).

Según su modelo, se considera el tiempo conceptual, que se refiere a la velocidad cognitiva de toma de decisiones del individuo frente a una elección entre dos o más alternativas. Si el individuo es impulsivo, se caracteriza por tomar decisiones rápidas, basadas en respuestas automáticas y sin considerar detenidamente las diferentes alternativas. En contraste, si el individuo examina y compara cuidadosamente las distintas alternativas antes de tomar una decisión, se le denomina reflexivo.

Por lo tanto, se puede decir que el proceso perceptual de un individuo reflexivo tiene un tiempo de decisión diferente al del individuo impulsivo. El individuo reflexivo dedica más tiempo a evaluar las opciones y considerar las posibles consecuencias antes de tomar una decisión, lo que puede influir en la precisión y la calidad de su elección. Por otro lado, el individuo impulsivo tiende a tomar decisiones rápidas, lo que puede resultar en respuestas menos reflexivas y potencialmente más propensas a errores. La teoría de reflexividad-

impulsividad de Kagan proporciona una perspectiva adicional sobre cómo el estilo cognitivo del individuo puede influir en su proceso de toma de decisiones en situaciones de incertidumbre. Sin embargo, a través del entrenamiento, es posible mejorar las habilidades de toma de decisiones y promover una mayor reflexividad en la evaluación de las alternativas. En la próxima sección, se explorará cómo el entrenamiento puede ser una herramienta efectiva para mejorar el proceso de toma de decisiones en contextos de incertidumbre.

### 2.2.3 Entrenamiento

Los trabajadores deben estar debidamente capacitados para llevar a cabo sus labores de manera segura. En este sentido, la formación se ha convertido en la herramienta más importante para la prevención de riesgos laborales (Reiman et al., 2019; Taylor, 2015), siendo un tema imperativo y relevante en cualquier entorno laboral y programa de educación superior. Esta importancia se ve respaldada por el Marco Estratégico de la Unión Europea sobre Salud y Trabajo 2021-2027, el cual establece los desafíos para mejorar la salud y seguridad de los trabajadores, destacando entre sus objetivos la mejora en la calidad y cantidad de la formación en seguridad (Comisión Europea, 2021).

Sin embargo, el sistema actual de formación en prevención de riesgos presenta una eficacia limitada y en algunos casos no recibe la importancia que merece (Saleh & Pendley, 2012). En su mayoría, se utilizan métodos como exposiciones orales, videos, presentaciones y material escrito, los cuales no se transfieren de manera efectiva al lugar de trabajo y tienen una duración limitada (Wallace, 2016). Por tanto, resulta crucial actualizar las herramientas de formación en seguridad con el fin de mejorar su eficacia.

Una clave para hacer la formación en seguridad más atractiva es exigir a los participantes que planifiquen sus acciones en lugar de asumir un papel pasivo. Este enfoque se basa en el paradigma de “aprender haciendo” y se considera el modelo más efectivo para el aprendizaje (Amokrane et al., 2008). Esta afirmación y paradigma concuerdan con la teoría del constructivismo, la cual valora la participación del alumno en la construcción del proceso de aprendizaje.

Asimismo, se ha reconocido que fomentar el compromiso es otro factor clave para lograr la eficacia en la formación en seguridad. Según el estudio de Brahm & Singer (2013)

titulado "*the engagement theory*", la formación de calidad debe ser concebida en términos de participación activa en cada momento.

En las últimas décadas, ha habido un movimiento en la industria para mejorar las prácticas de seguridad laboral basándose en experiencias previas. Se parte de la premisa de que las experiencias personales, los recuerdos y la memoria influyen significativamente en la percepción del riesgo (de-Juan-Ripoll et al., 2018; Cavalcanti & Soares, 2012; Gyekye, 2010). Un desafío al que nos enfrentamos es transferir los conocimientos adquiridos de experiencias pasadas a personas que no han presenciado incidentes laborales graves y, por lo tanto, pueden no reconocer el potencial daño asociado al riesgo laboral, como es el caso de muchos trabajadores jóvenes al inicio de sus carreras. Esta falta de experiencia personal afectará la comprensión del riesgo por parte del trabajador.

Con el fin de generar motivación en los usuarios respecto a la prevención de riesgos y la seguridad laboral, se han llevado a cabo numerosos estudios de investigación. Por ejemplo, en 2012, Saleh & Pendley abordaron la cuestión de cambiar el enfoque de “aprender sobre accidentes” a “enseñar sobre accidentes y sistemas de seguridad”. En el ámbito de la formación en seguridad y construcción, Bell & Fogler (2000) investigaron la evaluación de riesgos de estudiantes universitarios en una planta química después de haber pasado por un entorno virtual inmersivo. Los usuarios del entorno virtual fueron capaces de identificar más peligros en un entorno real en comparación con aquellos que no utilizaron la realidad virtual.

En este contexto, el uso de la realidad virtual inmersiva se considera una herramienta adecuada y relevante, ya que permite abordar todos los aspectos mencionados anteriormente (Cavalcanti et al., 2021; Bernardes et al., 2015; Le et al., 2015; Xu et al., 2014). Además, los juegos serios y la gamificación, como se mencionó anteriormente, tienen la capacidad de involucrar y motivar a los individuos (Saleem et al., 2022; Redondo et al., 2020; Koivisto & Hamari, 2019; Mildner & Floyd Mueller, 2016). Por todo ello, se considera que los juegos serios de realidad virtual son esenciales para este propósito.

#### 2.2.4 Señalética de seguridad

El RD 485/1997 del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales define la señalización de seguridad y salud en el trabajo como: “aquella señalización que, referida a un objeto, actividad o situación determinada, proporciona una indicación o una obligación relativa a la seguridad o

salud en el trabajo mediante un signo en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual, según proceda”. A partir de este concepto, se percibe el potencial comunicativo e informativo de dichas señales, así como la variedad de su naturaleza.

Según Chen et al. (2018), la señalización de seguridad tiene como objetivo advertir y reducir los comportamientos peligrosos e inadecuados. Dentro de sus características, debe existir la capacidad de visibilidad independiente de la condición de iluminación además de tener superveniencia de otras señales en condiciones normales de iluminación.

Un mensaje según el reto que quiera conseguir se puede clasificar en:

- Informativo: en el que predomina la información y no se intenta influir en el comportamiento.
- Instructivo: el emisor intenta influir en el receptor.
- Motivacional: el emisor intenta influir en el receptor enseñándole la conveniencia de comportarse según un modelo.

Los tres tipos no son excluyentes. Para lograr su objetivo, las señales de seguridad deben influir en las personas para que actúen de forma que eviten daños personales y materiales. En otras palabras, no se trata sólo de un mensaje informativo. Para ser eficaces, las advertencias deben atraer rápidamente la atención, sensibilizar y permitir un comportamiento de cumplimiento (es decir, conducir a decisiones adecuadas en cuanto a la ejecución de la acción). Schmunzsch et al. (2014) destacan que una advertencia tiene cuatro propósitos: (i) comunicar información de seguridad importante; (ii) garantizar un comportamiento más seguro; (iii) prevenir incidentes que causen lesiones personales o daños a la propiedad; (iv) ayudar a las personas a recordar información previamente aprendida. Es decir, para que sea eficaz debe haber: exposición a la señalización, atención a la señalización, procesamiento activo de la advertencia, comprensión y acuerdo, almacenamiento en la memoria (así como búsqueda y recuperación de la información), selección de respuestas y ejecución de respuestas (Rogers et al., 2000; Wogalter & Laurghery, 1996; Lehto & Miller, 1986). Así se abordan los cuatro componentes del procesamiento: (i) darse cuenta; (ii) codificar; (iii) comprender; y (iv) cumplir (Rogers et al. apud Wogalter & Mayhorn, 2005).

Al concebir el proceso de diseño, hay que tener en cuenta el concepto gráfico, la semiótica y los rasgos de personalidad de las distintas personas que van a interactuar con ellos.

También hay que tener en cuenta el entorno en el que se insertará la señalización. En gran parte, el uso de la señalización es más necesario en un entorno complejo y hostil dotado de bloqueos o interferencias en la comunicación y/o un ambiente estresante (Asensio et al., 2015).

Existen varios principios rectores o reglas sobre su uso, entre ellos:

- cuando existe un peligro significativo;
- las personas expuestas al peligro no siempre son conscientes de él, ni conocen sus consecuencias ni los modos de comportamiento seguros adecuados;
- no todos los peligros son evidentes;
- existen diversos grados de riesgo, peligros y consecuencias;
- una situación de incidente o accidente está dotada de una elevada carga de cognición, tarea y/o posibles distractores.

Varias razones pueden interferir y reducir las tasas de cumplimiento de las advertencias: la familiaridad, el estrés, la presión del tiempo o la presencia de otras cargas mentales (Laughery & Wogalter, 2014). Tales factores podrían generar la no percepción de las señales. Un estudio sobre evacuaciones de emergencia mostró que solo el 38% de la muestra detectó las señales de salida de emergencia normalizadas, incluso cuando estaban situadas justo delante de ellos y su visión no estaba obstruida (Hui et al., 2014).

Por otro lado, la exposición repetida a la señalización puede llevar a que los usuarios se acostumbren a ella, lo que se conoce como familiaridad, disminuyendo así su nivel de conciencia cuando están sometidos a una alta carga cognitiva o estrés. En estos casos, es necesario utilizar algún tipo de refuerzo para resaltar la información y garantizar que el usuario sea consciente de ella en el momento adecuado. Para lograrlo, se pueden emplear nuevas variables que dinamicen los avisos, como el uso de LEDs o luces, el aumento del tamaño de la letra y el incremento del contraste, lo que brinda mayor flexibilidad para adaptar la señalización a su objetivo principal y a los usuarios específicos. Estas características dinámicas aumentan la visibilidad de las presentaciones y señalizaciones, generando así una mayor obediencia en comparación con las señales estáticas (Hui et al., 2014; Wogalter et al., 1993). En su estudio Duarte afirmó que las señales dinámicas podrían ser especialmente beneficiosas en situaciones en las que la advertencia no es aplicable la mayor parte del tiempo (Duarte et al., 2013). Sin

embargo, los sistemas de alerta aún tienden a consistir en elementos pasivos siempre visibles (Asensio et al., 2015).

Las nuevas tecnologías también permiten y facilitan la implementación de la señalización inteligente, que va más allá de la señalización estática convencional ( Vilar et al., 2018; Asensio et al., 2015; Lijding et al., 2007;). Estos sistemas inteligentes de señalización pueden aprovechar la capacidad de procesamiento y la interactividad de las tecnologías digitales para proporcionar información actualizada en tiempo real, adaptarse a las condiciones cambiantes y mejorar la efectividad de las advertencias de seguridad (Duarte et al., 2013b).

En resumen, la incorporación de características dinámicas en la señalización, junto con el uso de nuevas tecnologías, brinda oportunidades para mejorar la visibilidad, la conciencia y la obediencia de los usuarios ante las advertencias de seguridad. Estas innovaciones tienen el potencial de optimizar la comunicación de riesgos y promover un entorno laboral más seguro y saludable.

#### 2.2.5 Tipología de las señales

Las señales de seguridad pueden manifestarse de diversas formas, como paneles, señales luminosas, señales acústicas, comunicación verbal, señales gestuales o señales táctiles. Entre estas formas, las señales ópticas, ya sean de panel o luminosas, destacan por su importancia, eficacia y uso predominante. En el contexto de este estudio, nos centraremos específicamente en las señales ópticas de panel, tal como se definen en el RD 485/1997.

Las señales ópticas de panel se clasifican según el tipo de información que transmiten, según lo establecido por Cavalcanti (2003), conforme expuesto en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de las señales ópticas. Fuente: ver pie de página.

Señal	Utilización	Ejemplo
Prohibitivas	Señalización de prohibición de acciones o comportamientos susceptibles de provocar un peligro.	 1
Obligación	Descripción de una acción o comportamiento obligatorio	 2
Indicativas de condiciones seguras	Orientación sobre las condiciones de seguridad en caso de emergencia	 3
Relativas a los equipos de lucha contra incendio	Identificación y localización de los materiales necesarios en caso de emergencia	 4
Precaución/advertencia	Advertir sobre los riesgos/peligros existentes	 5
Complementaria de Riesgo	Aislar una zona por la que el individuo no pueda transitar.	 6

Las señales de forma rectangular o cuadrada con una flecha blanca sobre fondo verde, que funcionan como señales indicativas adicionales, no deben colocarse sin la correspondiente

<sup>1</sup> Fuente: INSST, 2009

<sup>2</sup> Fuente: Adobe Stock

<sup>3</sup> Fuente: INSST, 2009

<sup>4</sup> Fuente ISO 7010:2021

<sup>5</sup> Fuente: Carteling

<sup>6</sup> Fuente: Diprotec

presencia de una camilla de primeros auxilios, ducha de seguridad o lavaojos, ya que por sí solas no indicarían el lugar al que se dirige la dirección a seguir.

En general, el principal sistema de soporte utilizado en la señalización de seguridad son las señales estáticas fabricadas con papel, metal o plástico, según lo señalado por Vilar et al. (2018). Además, en el caso de la señalización de equipos y salidas de emergencia que proporcionan orientación a las personas en caso de fallo de iluminación, es común utilizar señales fotoluminiscentes, como se ilustra en la Figura 5. Estas señales absorben y almacenan energía de la luz ambiental y luego la liberan en forma de luz cuando la sala se oscurece, asegurando así su visibilidad durante situaciones de baja iluminación.

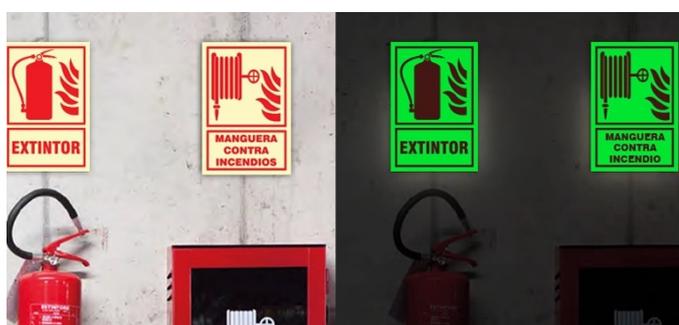


Figura 5. Panel foto luminoso en uso. Fuente: ForthLux

La señalización de seguridad puede presentarse de diferentes formas en relación con la transmisión del mensaje, pudiendo contener colores, imágenes y/o texto. Según Twyman (1985), se puede clasificar en: señalización textual (compuesta por caracteres alfanuméricos), señalización no textual (basada en mensajes decodificados por la capacidad sensorial) y señalización textual-pictórica (que combina caracteres verbales y no verbales en el mismo mensaje). La Figura 6 ilustra esta clasificación.

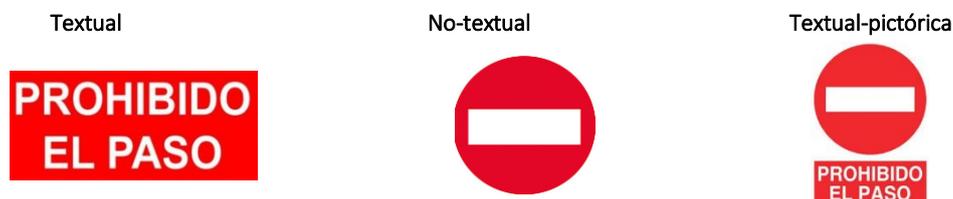


Figura 6. Clasificación de los mensajes. Fuente: la autora

Los colores pueden formar parte de un signo o constituir el propio signo. La Tabla 4 muestra los colores y sus significados según lo establecido en el RD 485/1997.

Tabla 4. Colores de seguridad y su significado de acuerdo con RD 485/1997

Color	Significado
Rojo	Peligro-alarma Material e equipos de lucha contra incendio
Amarillo o naranja	Advertencia
Azul	Obligación
Verde	Salvamento o auxilio Situación de seguridad

Estudios anteriores han demostrado que las imágenes son interpretadas y reconocidas de manera más rápida y fácil, especialmente en situaciones adversas, en comparación con las palabras escritas (Cavalcanti, 2012; Kroemer & Grandjean, 2004; Spinillo, 2000). Una de las razones de esto es que no es necesario construir un modelo mental cuando la imagen ya está presente. Esto se refleja en la expresión común: “Ya veo lo que quieres decir”. Por esta razón, las advertencias suelen utilizar imágenes para transmitir información sobre los peligros cuando no es posible eliminarlos o evitarlos (Zielinska et al., 2017). El estilo de ilustración más utilizado en la señalización de seguridad son los esquemas o pictogramas, que consisten en imágenes sencillas, generalmente monocromáticas, que representan esquemáticamente un objeto, función, sistema, acción o estado asociado (Cavalcanti, 2003).

Así, los pictogramas son una combinación de símbolos, signos e iconos. Los símbolos son imágenes que representan información a través de la convención, los signos son elementos gráficos que comunican un elemento presente en ellos, y los iconos son figuras que guardan una semejanza o analogía con el objeto que representa, transmitiendo inmediatamente una idea. La Figura 7 ilustra claramente la diferencia entre un icono (dibujo que establece una relación directa con un camión, a la izquierda) y un símbolo (imagen en el lado derecho que, a través de un simple grafismo, indica que está prohibido el tránsito de camiones). En este sentido, los pictogramas utilizan la analogía o la representación simbólica para transmitir mensajes (Montagne, 2013). Estos pictogramas buscan crear comprensión y recordación de un objeto o información, e históricamente han sido utilizados como sistema de comunicación para personas con diferentes antecedentes culturales y habilidades lingüísticas (Wangr, 2021), permitiendo transmitir información a poblaciones internacionales (Dowse & Ehlers, 2012). Se consideran como un medio visual para transmitir avisos complejos utilizando recursos limitados

como la forma, el color y el tamaño. Debido a que son fáciles de leer, imprimir y reproducir, se utilizan ampliamente en sistemas de transporte público, señalización de seguridad, productos farmacéuticos y otros contextos.



Figura 7. Icono x símbolo. Fuente: Cavalcanti, 2003

Sin embargo, debido a su naturaleza más abstracta y su uso de objetos para representar conceptos, los pictogramas pueden resultar en una falta de representación obvia, desconocimiento o mala interpretación (Rosa, 2015; Cavalcanti, 2003). Estudios previos han demostrado que, incluso siguiendo las normativas establecidas, algunos pictogramas son más difíciles de entender (van Beusekom et al., 2018; S. L. Young & Wogalter, 1990). La justificación de esto radica en el hecho de que un símbolo, por sí solo, no puede identificar de manera concluyente un objeto; en su lugar, la mente debe poseer la capacidad de visualizar el objeto y establecer una conexión con el símbolo. En otras palabras, se requiere que el receptor tenga un repertorio de ideas previas. Esto es especialmente cierto en el caso de pictogramas más abstractos, que no proporcionan ninguna indicación visual clara de la imagen que representan y, por lo tanto, son más difíciles de comprender. Sin embargo, cuando los pictogramas son expuestos de manera constante, se vuelven altamente efectivos al facilitar la comprensión y la memorización de la información (van Beusekom et al., 2018). La Figura 8, donde se utiliza un pictograma abstracto de corazón, cuya identificación con el objeto representado es tan frecuente que no genera ninguna duda sobre su mensaje, es un ejemplo claro de esta fácil comprensión. De esa manera, se destaca la importancia de seguir las normas de señalización, que constituyen (van Beusekom et al., 2018; Young & Wogalter, 1990) un lenguaje universal estándar.



Figura 8. Pictograma abstracto. Fuente: Dreamstime

Según su contenido y el significado que quieran transmitir, las imágenes en la señalización de seguridad pueden ser (Figura 9):

- Descriptivas, que identifican una fuente de peligro.
- Prescriptivas, que prescriben una acción a realizar.
- Proscriptivas, que impiden realizar una acción.



Figura 9. Imagen descriptiva, prescriptiva y proscriptiva. Fuente: INSSST, 2009; ISO 7010:2001 y Dreamstime

Con relación a la información que se desea comunicar, al igual que el texto, los pictogramas pueden utilizarse para transmitir un peligro, una consecuencia o una instrucción, como puede ser observado en la Figura 10. El método de lectura de los pictogramas es clave para interpretar una instrucción visual. Su lenguaje debe ser fácil de aprender y capaz de representar numerosos conceptos. Aunque la elección del pictograma es libre e incluso es posible crear uno propio, en nuestra opinión, siguiendo las normas recomendadas (INST), consideramos que el uso de pictogramas normalizados es la mejor solución.



Figura 10. Pictograma riesgo, consecuencia e instrucción. Fuente:Laughery, 2006.

Los textos o la información verbal dentro de otras señales también pueden indicar la gravedad del peligro. Las tres referencias más utilizadas son: “Peligro”, “Atención” y “Precaución”. Las dos últimas son consideradas por los individuos como indicativas de peligro de igual gravedad, mientras que la primera sugiere una mayor gravedad (Wolgater et al., 1994). En cuanto a los colores utilizados en las señales indicativas mediante texto, es común utilizar letras blancas sobre fondo rojo o letras negras sobre fondo amarillo cuando se trata de informar sobre situaciones peligrosas. En los textos relacionados con el rescate o la asistencia, se emplean letras blancas sobre fondo verde.

Los otros tipos de señaléticas dentro del ámbito de la seguridad de trabajo son:

- Pósters de seguridad: como puede ser observado en la Figura 11, cuya función principal es educativa haciendo uso de la seducción. Para los fines de esta investigación no profundizaremos en este tema, ya que no está pensada para su uso en un entorno de accidentes.



Figura 11. Pósters. Fuente: Fundación Laboral de la Construcción; Int. Inst. of Social History

- Mapas de riesgo: se trata de una representación gráfica realizada en el lay-out de la empresa, donde se marcan los diferentes riesgos, su clasificación (químicos, físicos, ergonómicos, biológicos o de accidentes) y grado de peligrosidad, como puede ser observado en la Figura 12. Tampoco será objeto de esta investigación por lo anteriormente expuesto.

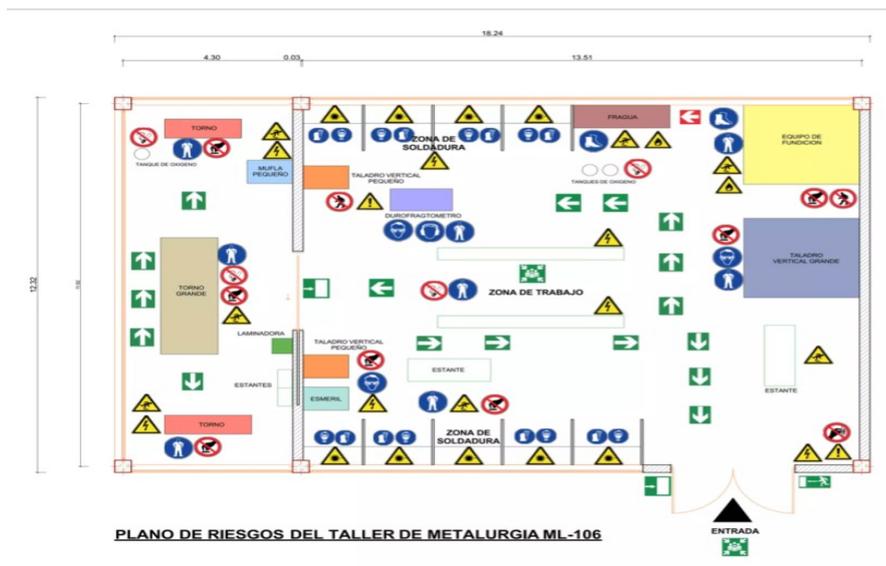


Figura 12. Mapa de riesgo. Fuente:Domic Champi, 2019,SlideShare

### 2.2.6 Normas, guías y usos

Con el objetivo de enriquecer el enfoque analítico, se llevó a cabo un estudio íntegro de las normas reglamentarias y la legislación vigente en la materia. Se consideraron diversas normas internacionales (ISO, ANSI, OIT) y regulaciones nacionales en su totalidad, abarcando la normativa sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo. Además, se tuvieron en cuenta los aspectos constitutivos de la señalización en diferentes ámbitos, como la señalización de incendios, la señalización de trabajo en altura, entre otros. Los resúmenes de los datos obtenidos se presentan en la Tabla 5, que incluyen las normas y sus objetivos, así como en la Tabla 6 que muestra información relacionada con los aspectos estructurales, constitutivos y de disposición.

Tabla 5. Principales normativas sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo

Norma	Ámbito	Objetivos
Ley 31/1995	España	Cuerpo básico de garantías y responsabilidades para establecer la Prevención de Riesgos Laborales. El artículo 6 señala que las Normas Reguladoras establecerán y concretarán los aspectos más técnicos.
RD 485/1997	España	Transposición al ordenamiento jurídico español del contenido de la Directiva 92/58/CEE.
Guía Técnica sobre señalización de	España	Guía Técnica elaborada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo que proporciona información general

seguridad y salud en el trabajo		sobre el uso y adecuación de la señalización, así como el diseño a utilizar.
Directiva 92/58/CEE	Comunidad Europea	Establece los requisitos mínimos de la señalización de seguridad e higiene en el trabajo.
ISO 3864	Internacional	Especifica los estándares internacionales sobre señalización de seguridad a utilizar en lugares de trabajo y entornos públicos.
ISO 7010	Internacional	Normas relativas a los símbolos/pictogramas utilizados en las señales de seguridad y peligro.
ANSI Z 535	Americana	Norma americana sobre presentación de información de seguridad y prevención de accidentes.
BS 3641-1	Reino Unido	Estándares para símbolos gráficos a utilizar en equipos de trabajo y máquinas.
RD 783/2001	España	El Anexo IV trata de la señalización de zonas sobre Radiaciones Ionizantes.
RD 212/2002 y RD 524/2006	España	Trata de la señalización de ruidos de máquinas al aire libre.
RD 773/1997	España	En su anexo III trata de la señalización relativa a los equipos de protección individual
RD 664/1997	España	En su anexo III trata de la señalización de riesgos biológicos.

Tabla 6. Resumen del contenido de las normativas

<b>Ubicación</b>	Cerca del potencial peligro, visible desde cualquier dirección
<b>Dimensiones</b>	Para distancias inferiores a 50 m, la superficie mínima de la señal debe calcularse mediante la fórmula: $A \geq L^2/2000$ , donde A=área mínima del panel y L= la distancia máxima en la cuál puede ser comprendida
<b>Textos</b>	Uso de letra sin serifa
<b>Colores</b>	Los cuatro colores seleccionados para uso específico en seguridad son: rojo, verde, azul y amarillo (Guía Técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo); El rojo debe utilizarse para equipos y protección contra incendios; El verde debe utilizarse para la seguridad. Así, puede utilizarse para indicar condiciones seguras en momentos de emergencia/peligro o para equipos de protección; El amarillo y el azul denotan el significado de “Precaución”; en las señales de prohibición, la zona roja debe cubrir al menos el 35% de la superficie total de la señal (INSHT, 2009); En las señales de advertencia, obligación, extinción de incendios y salvamento, los colores de fondo deben cubrir al menos el 50% de la superficie de la señal (INSHT, 2009).

En el contexto de España, la Guía Técnica sobre Señalización de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo, elaborada en cumplimiento del Real Decreto 485/1997, establece criterios técnicos para la ubicación de las señales y proporciona una lista no exhaustiva de normas de señalización. Esta guía resulta especialmente relevante debido a su contenido y

especificidad en el ámbito laboral. Sin embargo, es importante destacar que dicha guía no aborda en absoluto las cuestiones relacionadas con el uso de las nuevas tecnologías en la señalización, un aspecto que merece una consideración adicional.

Además de las normas de señalización previamente mencionadas, también existen regulaciones específicas relacionadas con sustancias y preparados peligrosos. Estas sustancias suelen ser señalizadas a través de etiquetas o envases, aunque no son el enfoque principal de este trabajo, ya que no se trata de señalización del lugar de trabajo en sí, sino más bien de información proporcionada por el proveedor sobre el uso de dichos insumos en el trabajo. En este contexto, la señalización de trabajo se refiere más específicamente a la identificación y señalización de áreas de almacenamiento dedicadas a estas sustancias, por ejemplo.

Para esta tesis, hemos optado por utilizar símbolos que cumplan con la norma 3864-1 de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la norma Z535 del Instituto Nacional Estadounidense de Normalización (ANSI). Esta elección se basa en los diversos estudios que han investigado la efectividad de los símbolos estandarizados en la señalización de seguridad (Lesch, 2003; Jaynes & Boles, 1990; Boersema & Zwaga, 1989). Se ha observado que la adopción de normas internacionales, como las establecidas por la ISO y el ANSI, contribuye a una mayor comprensión y reconocimiento de los símbolos por parte de los usuarios (van Beusekom et al., 2018). La familiaridad con los símbolos contribuye a la eficacia de las señales, además de ser estándares reconocidos a nivel internacional.

Por otro lado, la integración de nuevas tecnologías puede potenciar la eficacia de las señales de seguridad, ofreciendo una comunicación visual más dinámica y adaptativa. Por ejemplo, se han realizado estudios sobre el uso de señales dinámicas y luminosas que aumentan la atención y la respuesta de los individuos en situaciones de peligro (Cavalcanti et al., 2021; Hui et al., 2014; Duarte et al., 2013; Wogalter et al., 1993). Estas tecnologías pueden proporcionar información en tiempo real y adaptarse a diferentes contextos, mejorando así la efectividad de las señales de seguridad.

### 2.2.7 El uso de nuevas tecnologías en señalética

Los estudios han evidenciado que las señales estáticas no son tan efectivas en situaciones peligrosas (Schiavini & Meurer, 2021; Wang et al., 2020; Olyazadeh, 2013; Wogalter et al., 1993, 1994). En respuesta a esta limitación, el uso de nuevas tecnologías ha demostrado

ser beneficioso para mejorar la capacidad de los paneles de seguridad. Estas tecnologías ofrecen diversas opciones, como el uso del color, el aumento del tamaño de las señales y la adición de símbolos pictográficos, con el objetivo de hacer que la información de seguridad sea más accesible para personas con necesidades especiales, como ancianos o personas con discapacidades (Kekeç, 2023; Cavalcanti et al., 2021; Fietkau & Stojko, 2020; Smith-Jackson & Wogalter, 2004).

Un ejemplo concreto de aplicación tecnológica en la señalización de seguridad es el uso de tecnología luminosa en la señalización de equipos y salidas de emergencia. En situaciones donde la iluminación ambiental no permite una alta luminiscencia eficiente, como en el caso de los túneles, la tecnología luminosa proporciona una solución efectiva para garantizar la visibilidad y comprensión de las señales (Shi et al., 2022; Olander et al., 2017; Vilar et al., 2014).

Además, se han realizado investigaciones que exploran el uso de artificios para mejorar la efectividad de las señales (Ding et al., 2023; Sakhakarmi & Park, 2022; Yuan et al., 2019; Hui et al., 2014; Kalsher & Williams, 2006; Wogalter et al., 2002). Por ejemplo, se ha encontrado que agregar elementos de voz auditivos a las advertencias textuales puede aumentar su eficacia, especialmente cuando la voz es femenina y está dotada de emoción, en contraste con voces monótonas o susurros (Barzegar & Wogalter, apud Smith-Jackson & Wogalter, 2004).

Otro aspecto relevante es la personalización de la señalización, que ha demostrado generar mayores índices de obediencia en comparación con la señalización no personalizada (Smith-Jackson & Wogalter, 2004; Wogalter et al., 1993). Además, la inclusión de información explícita sobre las consecuencias y la gravedad de las lesiones puede motivar un comportamiento seguro y aumentar el cumplimiento de las normas de seguridad (Drovandi et al., 2019; Wogalter & Mayhorn, 2005; Wogalter et al., 1999).

En conclusión, la incorporación de nuevas tecnologías y estrategias personalizadas en la señalización de seguridad puede mejorar la efectividad de las señales, garantizar una comprensión clara de los mensajes y promover comportamientos seguros en el entorno laboral. Estos avances respaldan la importancia de mantenerse actualizado en cuanto a las mejores prácticas y el uso de tecnologías innovadoras en la señalización de seguridad.

Otras alternativas emergentes en el campo de la señalización de seguridad son los sistemas activos inteligentes o señales inteligentes. Estos conceptos han surgido principalmente en el contexto de las *smart cities*, donde se busca incorporar capacidades inteligentes a las señales tradicionales con el objetivo de lograr un ajuste óptimo entre el

comportamiento y las características de los ocupantes y las condiciones ambientales (Li et al., 2022; Masum et al., 2020; Vilar et al., 2018; Asensio et al., 2015).

Estos sistemas inteligentes permiten adaptar dinámicamente las señales de seguridad en función de diferentes variables, como el flujo de personas, las condiciones climáticas, la hora del día o incluso las necesidades específicas de los individuos presentes en el entorno. Esto se logra a través del uso de sensores, algoritmos de procesamiento de datos y tecnologías de comunicación que permiten recopilar información en tiempo real y ajustar la señalización de manera automatizada y eficiente.

### 2.2.8 Señalética dinámica

La señalización dinámica debe seguir a la señalización estática (Olayzadeh, 2013) pero con una característica no pasiva. Dicho esto, está claro que no se trata de cambiar el tipo de señalización por manifestación, sino de añadir una variable al tipo de señalización existente.

En la Figura 13 se ilustra claramente la diferencia entre la señalización estática iluminada (definida como aquella compuesta por materiales transparentes o translúcidos, iluminada desde atrás o desde el interior, que se presenta como una superficie luminosa por sí misma) (Asensio et al, 2015), y un panel estático que incorpora variables luminosas intermitentes. Esta representación visual evidencia cómo la señalización dinámica puede proporcionar un mayor nivel de atención y resaltar la importancia de la información transmitida.

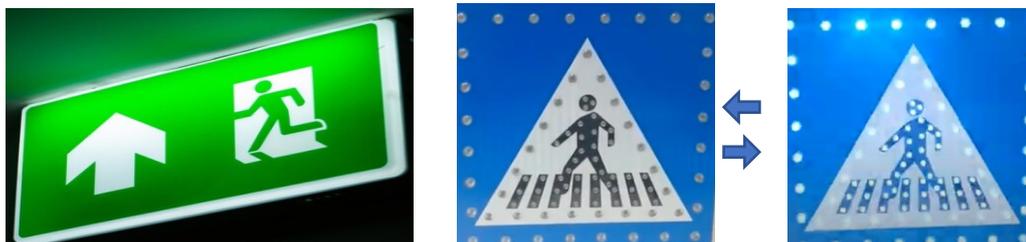


Figura 13. Señal luminosa x Señal dinámica con intermitente luminoso. Fuente: la autora.

La señalización dinámica, a través del uso de variables luminosas intermitentes o electroluminiscente, del contenido auditivo, animaciones o cambios en los patrones visuales u otros elementos activos, puede captar la atención de manera más efectiva, especialmente en

situaciones de peligro o emergencia (Hui et al., 2014; Wogalter & Conzola, 2002; Wogalter et al., 1993b). Estos elementos dinámicos permiten enfatizar ciertos aspectos de la señalización y llamar la atención de los individuos de una manera más impactante y eficiente. Ellas ofrecen nuevas oportunidades para mejorar la visibilidad, la comprensión y la respuesta de las personas ante situaciones de riesgo (Wogalter & Mayhorn, 2005a, 2005b; Wogalter & Conzola, 2002). Estos avances representan un enfoque prometedor en el campo de la señalización de seguridad, ya que brindan la capacidad de transmitir información de manera más efectiva y adaptativa en entornos diversos y cambiantes.

Varios estudios han investigado el impacto de las características de las señales dinámicas en el cumplimiento conductual durante tareas relacionadas con el trabajo y situaciones de emergencia (Hui et al., 2014; Vilar et al., 2014; Duarte et al., 2013). Los resultados sugieren que las presentaciones dinámicas producen un mayor cumplimiento si comparadas a las presentaciones estáticas debido principalmente a algunas características que las hacen más perceptibles.

Un ejemplo de esto es el estudio realizado por Vilar et al. (2014), en el cual se compararon dos variables para la tarea de evacuación de emergencia. Se utilizaron tres fuentes de información diferentes, que incluían las características del entorno, como la anchura del pasillo y la iluminación; panel estático y panel dinámico. Los resultados obtenidos indicaron que la señalización dinámica mostró un mayor grado de coherencia en comparación con las otras variables evaluadas. Estos hallazgos son consistentes con la teoría de la atención, que sostiene que las señales dinámicas captan mejor la atención de los individuos y promueven un mayor grado de cumplimiento en las tareas asignadas (Hockey, 2009).

También el uso de variables auditivas en la señalización de seguridad desempeña un papel relevante, especialmente en entornos donde la carga visual es alta, como en sistemas de control y cabinas de aviones. Estudios previos en este ámbito han demostrado que el contenido verbal y no verbal de las señales auditivas puede influir en la percepción de la urgencia y la intención de precaución (Ayanoglu et al., 2016; Wogalter et al., 1993b).

En cuanto al contenido verbal, se ha observado que el uso de voces con emociones añadidas genera una mayor intención de precaución si comparadas con voces monótonas. Además, se ha encontrado que la voz de las mujeres se percibe como más urgente que la de los hombres (Wogalter & Barzegar, 2000). Por otro lado, con relación al contenido no verbal, se

ha constatado que el uso de intervalos de tiempo cortos se asocia más con la sensación de urgencia en comparación con intervalos largos (Xia et al., 2021; Haas & Casali, 1995).

Un estudio previo combinó (Wogalter et al., 1993d) ambas variables, verbal y no verbal, para evaluar su impacto en la percepción de precaución. Se encontró que las unidades de palabras con mayor velocidad de enunciado e intervalos más cortos generaron un mayor grado de precaución. Además, las palabras como “Mortal”, “Peligro” y “Advertencia” se percibieron como más peligrosas que “Precaución” y “Aviso”. Si bien estos resultados son interesantes, considerando el objetivo de abordar una realidad común a una amplia gama de individuos, en nuestro estudio hemos optado por no evaluar esta variable y centrarnos en el uso de tecnología LED.

El enfoque en el uso de LED en la señalización se basa en su capacidad para proporcionar información visual de manera clara y efectiva, incluso en entornos con condiciones visuales adversas. Los LEDs ofrecen ventajas en términos de brillo, contraste y facilidad de percepción, lo que los convierte en una opción adecuada para mejorar la visibilidad y la comprensión de las señales de seguridad. Estos hallazgos respaldan la importancia de considerar las características dinámicas en el diseño de la señalización para mejorar la seguridad y eficacia en los entornos laborales y de emergencia.

### 2.2.9 Carteles inteligentes

La utilización de las señales inteligentes ha demostrado ser una experiencia satisfactoria para los usuarios, como se puede resumir en la frase “Fue súper fácil encontrar mi destino. Me gustó usarlos” (Lijding et al., 2007). Estas señales inteligentes están ganando cada vez más presencia en nuestra vida cotidiana. Se podría decir que las *Smart Signs* (término en inglés de las señales inteligentes) son señales tradicionales a las que se les añaden características “inteligentes” (Asensio et al., 2015). Estas señales recopilan información del contexto circundante a través de sensores, la evalúan o procesan, y luego la utilizan para transmitir comunicación, comprender el entorno y/o informar a un punto central. Son señales flexibles que proporcionan orientación, advertencias e informes adaptados al contexto de cada situación en un momento dado. Pueden ser dinámicas, adaptativas e interactivas.

En el ámbito de la seguridad, en el cual se enfoca este trabajo, las señales inteligentes no solo buscan ofrecer un contenido divertido, sino también promover una alternativa

eficiente. Su objetivo es que los usuarios puedan notar la señalización y, más importante aún, confiar en ella para salvaguardar su salud e incluso su vida. En situaciones de peligro, por ejemplo, esta tecnología podría ser especialmente útil, ya que las personas tienden a disminuir su atención en situaciones de estrés. La saliencia, es decir, la capacidad de destacarse de las señales inteligentes puede aumentar su perceptibilidad y reducir la probabilidad de habituación, lo que resulta beneficioso cuando estas señales solo están disponibles en situaciones críticas, por ejemplo.

La señal inteligente se destaca por su mayor flexibilidad y, en algunos casos, más confiabilidad cuando comparada con la pasiva. Un ejemplo ilustrativo se encuentra en la evacuación de un túnel durante un incendio. Mediante un análisis del punto de incendio, la señalización inteligente puede presentar una única ruta de salida (Asensio et al, 2015), a diferencia de la señalización pasiva que puede mostrar opciones múltiples, incluso algunas que podrían llevar al usuario desde el punto que se encuentra hasta el punto de peligro. Este enfoque de la señalización inteligente garantiza una dirección clara y segura para los usuarios.

En otra investigación (Ahn & Han, 2011), se exploró la combinación de la señalización inteligente con la realidad aumentada para desarrollar un sistema innovador en el cual los usuarios seguían indicaciones visuales en forma de flechas utilizando sus teléfonos móviles (ver Figura 14). Este sistema, denominado *RescueMe*, empleaba algoritmos para determinar la ruta de evacuación más rápida y eficiente. La integración de la señalización inteligente con tecnologías avanzadas como la RA amplía las capacidades de orientación y seguridad, proporcionando una experiencia interactiva y guiada para los usuarios durante situaciones de emergencia.



Figura 14. Pantallazo de la aplicación RescueMe en uso. Fuente: Ahn & Han, 2011

Las evidencias demuestran claramente que la señalización inteligente supera a la señalización pasiva en términos de proporcionar una guía más precisa y confiable durante situaciones de evacuación. La capacidad de las *Smart Signs* para ofrecer información específica y adaptada a cada situación minimiza la posibilidad de confusiones y riesgos asociados. Esta superioridad se debe a la capacidad de esta señal para analizar y evaluar el entorno en tiempo real, lo que le permite proporcionar instrucciones claras y directas a los usuarios durante una evacuación. Además, la combinación de la señalización inteligente con tecnologías emergentes ha dado lugar al desarrollo de sistemas innovadores que mejoran significativamente la experiencia de los usuarios durante una emergencia.

Sin embargo, es importante tener en cuenta la preocupación de los usuarios respecto a posibles fallos en el sistema de señalización inteligente personalizada (Lijding et al., 2007). Estos fallos podrían comprometer la eficacia y confiabilidad del sistema, lo que podría generar inquietudes en cuanto a la seguridad de los usuarios durante situaciones de emergencia.

No obstante, es importante destacar que los avances tecnológicos significativos de los últimos años, así como la creciente implementación del Internet de las Cosas (en sus siglas de termino en ingles *Internet of Things*- IoT), han contribuido a minimizar la probabilidad de dichos fallos (Pouryaghoubi & Mohammadi, 2023; Srećković et al., 2022; Merlino et al., 2015). Estos avances permiten una mejor integración y comunicación entre los componentes de las señales inteligentes, mejorando así su rendimiento y confiabilidad en general. Estos avances continúan impulsando el campo de la señalización de emergencia y prometen seguir mejorando la seguridad y eficacia de las evacuaciones en el futuro.

#### 2.2.10 Interacción de la señalización y usuarios: ergonomía cognitiva e informativa

Los mensajes visuales desempeñan un papel crucial en la interacción humana y requieren que las personas los perciban y comprendan de manera efectiva. Para abarcar mejor el proceso de interacción entre los usuarios y los mensajes visuales, podemos dividir el tiempo de salida en cinco momentos distintos (Cavalcanti & Soares, 2012; Hockey, 2009): (i) tiempo de detección, (ii) tiempo de consciencia, (iii) tiempo de decisión, (iv) tiempo de reacción y (v) tiempo de movimiento. Las actividades mentales que genera pueden ser de dos tipos: externas (decisiones de acciones, que resultan en un comportamiento directo, como un gesto o

movimiento); internas (que no resultan en una acción externa, sino que son internas al sistema cognitivo, configurándose en una información memorizada).

La ergonomía cognitiva se ocupa de los procesos mentales que afectan la interacción de los seres humanos con los elementos de un sistema (Cavalcanti & Soares, 2012). Algunos de los temas principales en este campo incluyen la carga mental, la toma de decisiones, el rendimiento, la interacción persona-ordenador, el estrés y la capacitación. Es fundamental comprender cómo estos aspectos cognitivos influyen en la forma en que los usuarios perciben y procesan los mensajes visuales.

La ergonomía informacional se centra en la estructura de los signos y su influencia en la eficacia y eficiencia de la información presentada (Koivisto & Hamari, 2019; Wogalter et al., 1999). Este campo combina la ergonomía cognitiva con la lingüística verbal e iconográfica, así como el estudio de los canales de comunicación humana. Los sistemas de información se componen de:

- Entradas: datos o información que se manipulan.
- Transformaciones: procesamiento de los datos de entrada.
- Salidas: datos e información resultantes del procesamiento.

En el contexto de los mensajes visuales, el sistema humano-mensaje visual puede representarse mediante una imagen, que permite visualizar cómo se relacionan los elementos y cómo influyen en la interacción y comprensión del usuario. Esta representación gráfica del sistema puede proporcionar una visión clara de los componentes y su interdependencia, como puede ser observado en la Figura 15.



Figura 15. Sistema Hombre- Mensaje Visual. Fuente: Cavalcanti,2003

El ser humano cuenta con múltiples canales sensoriales que funcionan como receptores de información, entre ellos se encuentran la visión, audición, tacto, vibración, mecánica, rotación, gravedad, movimiento, dolor, temperatura, olfato y paladar (Cavalcanti, 2003). Sin embargo, los canales visuales y auditivos son considerados los principales en términos de percepción y procesamiento de información.

Cuando se trata de la transmisión eficaz de información en entornos de riesgo, es importante tener en cuenta que el momento en el que se utilizará dicha información suele ser estresante. De acuerdo con Sneddon et al. (2013), el estrés puede resultar en una baja concentración o alerta debido a la carga cognitiva excesiva experimentada por el individuo. Además, el estrés tiende a estrechar la atención de la persona, lo que significa que solo se puede procesar e incorporar una cantidad limitada de información.

Por lo tanto, resulta de vital importancia adoptar estrategias adaptadas a la seguridad en entornos críticos, que permitan prevenir la sobrecarga de información y dirigir correctamente la atención del individuo. Esto implica proporcionar información de manera clara, concisa y relevante, evitando la saturación de datos que podría dificultar la toma de decisiones en momentos de estrés. El enfoque adecuado de la atención y la selección cuidadosa de la información transmitida pueden contribuir a una mejor comprensión y una respuesta más efectiva en situaciones de riesgo.

El conocimiento del comportamiento humano es de suma importancia en el diseño efectivo de la señalización. Por lo tanto, la participación activa del usuario resulta inevitable para lograr el éxito en este aspecto. Para ello, se deben llevar a cabo tareas cognitivas y de comportamiento, las cuales requieren una adecuada división de componentes, actividades, elementos y secuencias.

La evaluación conductual se considera como la medida de referencia para determinar la eficacia de las advertencias. En esta evaluación, se busca verificar si se sigue correctamente las instrucciones contenidas en el mensaje de advertencia. Sin embargo, realizar pruebas de evaluación conductual suele ser un desafío debido a diversas razones, como consideraciones éticas y de seguridad, dificultades para crear escenarios que simulen situaciones peligrosas de la vida real pero seguras, costos, entre otros aspectos (Duarte et al., 2013; Kalsher & Williams, 2006).

Por otro lado, la evaluación de la comprensión implica presentar imágenes al participante y determinar si comprenden el significado de las mismas. Esta evaluación puede

llevarse a cabo a través de entrevistas, encuestas de opciones múltiples o cuestionarios con preguntas abiertas. Las normas ISO 3641-1 (Organization of International Standards, 1988) y ANSI Z 535 establecen un nivel mínimo aceptable de comprensión del 67% y el 85% de la población general, respectivamente, para validar el uso de pictogramas.

Se depende que la comprensión de los procesos cognitivos involucrados en la interacción con mensajes visuales es fundamental para el diseño efectivo de sistemas de comunicación. La ergonomía cognitiva y la ergonomía informacional son campos que abordan aspectos clave de esta interacción, incluyendo la carga mental, la toma de decisiones y la estructura de los signos. Mediante la aplicación de estos conocimientos, se pueden diseñar mensajes visuales más eficaces y mejorar la experiencia de los usuarios en la interpretación y utilización de la información visual. Por otro lado, para evaluar la efectividad de las señales en la comunicación con los usuarios se llevan a cabo evaluaciones conductuales y de comprensión. Estas permiten garantizar la coherencia conductual y la comprensión adecuada de los mensajes de advertencia, aspectos fundamentales en el diseño de la señalización eficaz.

### 2.2.11 Cognición, información y procesamiento

Cada individuo posee características únicas y, al mismo tiempo, forma parte de un grupo social. Si bien es cierto que las personas dentro de un grupo tienden a exhibir acciones y comportamientos similares, también es evidente que los grupos pueden adoptar comportamientos distintos entre sí.

En el contexto del comportamiento humano frente a la señalización, Rebelo & Duarte (2008) identificaron las variables intrínsecas inherentes al ser humano que son capaces de influir en la respuesta individual ante la señalización. Estas variables intrínsecas abarcan una variedad de aspectos, como características psicológicas, cognitivas, físicas y socioemocionales, que difieren de un individuo a otro. Estas características individuales pueden desempeñar un papel crucial en la forma en que las personas interpretan y reaccionan ante los mensajes y símbolos presentados en el entorno de señalización, e pueden ser vistas en la Tabla 7.

Tabla 7. Variables intrínsecas capaces de influenciar en la efectividad de la señalética

<b>Variable</b>	<b>Definición</b>
Genero	Hombre y Mujer
Edad	Tiempo de vida (en años)
Estado socio económico	Factores económicos y sociales
Ocupación	Actividad que sirve como fuente económica de sustento
Cultura	Comportamiento social transmitido por padres, artes, creencias
Visión	Capacidad visual (sensibilidad a los contrastes, agudeza y daltonismo)
Audición	Capacidad auditiva
Habilidad de lectura	Capacidad de leer y escribir para comunicarse

Reconocer y comprender estas variables es fundamental para entender y diseñar sistemas de señalización eficaces, ya que permiten tener en cuenta las diferencias individuales y de grupo en el comportamiento humano. Al considerar estas variables, es posible adaptar la señalización de manera más precisa y personalizada, maximizando su impacto y garantizando una comunicación eficaz en diversas situaciones y contextos.

Estas variables pueden ser evaluadas mediante métodos de encuesta o pruebas psicométricas específicas, que permiten obtener datos cuantitativos sobre las magnitudes riesgo. Estos datos pueden recopilarse antes o después de la exposición del individuo a la señalización, pero son esenciales para comprender las tendencias de comportamiento relevantes. Además de estas variables, es importante tener en cuenta los rasgos de personalidad y las influencias mencionadas con anterioridad al abordar la percepción del individuo.

La Tabla 8 muestra los elementos clave que deben recopilarse y los métodos de evaluación recomendados acompañados de sus autores. Además, en nuestro estudio, incluiremos indagaciones adicionales para conocer el perfil del jugador, ya que consideramos que esta información puede ser relevante y aún no ha sido suficientemente explorada en la literatura científica.

Tabla 8. Resumen de las variables intrínsecas hombre-señalética y su evaluación.

Variable	Definición	Métodos
Percepción del riesgo	Nivel subjetivo de peligro	Clasificación y escalas: Work Situational Awareness (Sneddon et al., 2013)
Cultura de seguridad	Normas, creencias, actitudes y prácticas del grupo en relación con la seguridad	Entrevista
Toma de riesgos	Propensión a comportamientos peligrosos	Cuestionarios: Risk Propensity (attitudes Toward Risk Questionnaire) (Franken et al., 1992); Sensation Seeking (Zuckerman, 1994); Venturesomeness scale (Eysenck & Eysenck, 1996)
Autoeficacia	Capacidad para realizar una tarea	Cuestionario y escalas (Slanger & Rudestam, 1997)
Lugar de control	Sensación de control externo o interno	Entrevista y cuestionario
Orientación hacia la seguridad	Comportamiento seguro y fomento de la salud mental	Entrevista y cuestionario

El tiempo de fijación se configura como un fuerte indicador de la percepción y la atención (Locher et al., 2007), el procesamiento de la información (Al-Moteri et al., 2017), así como la aversión al riesgo (Kwak et al., 2015). Estos hallazgos resaltan la importancia de la duración de la fijación visual como una medida clave en el estudio del comportamiento humano frente a la señalización.

De esa manera, el reconocimiento de las variables intrínsecas al ser humano y la adaptación de la señalización de manera precisa y personalizada se vuelve aún más relevante al considerar el tiempo de fijación como un indicador de la percepción y la atención. La comprensión de las diferencias individuales y de grupo en el procesamiento de la información y la aversión al riesgo nos permite diseñar sistemas de señalización más eficaces.

En conclusión, el tiempo de fijación visual se suma a las variables mencionadas previamente, reforzando la importancia de comprender y evaluar las características individuales y grupales para lograr una comunicación eficaz a través de la señalización. La combinación de estas variables y el tiempo de fijación visual nos proporciona una base sólida para mejorar la efectividad de los sistemas de señalización y promover comportamientos seguros en diversos contextos y situaciones.

### 2.2.12 Visibilidad

La visibilidad de un carácter o símbolo se refiere a su capacidad de destacar y ser percibido en relación con su entorno, siendo detectado por los mecanismos sensoriales humanos. La visibilidad está influenciada por varios factores, como el contraste entre los colores utilizados en la información, la iluminación del entorno, la ubicación de la información y el lugar donde se encuentra disponible.

En situaciones de accidente, es crucial considerar los aspectos que afectan a la visibilidad. Un trágico ejemplo ocurrió en un club nocturno en Brasil en 2013, donde algunas de las víctimas confundieron la señal de salida con la de los baños. Se informó que las personas perdieron la orientación debido al humo presente en el lugar (Olyazadeh, 2013).

La literatura científica no llega a un consenso sobre el color más adecuado para la señalización en entornos con humo. Algunos países, como la Unión Europea, Australia, Nueva Zelanda, China y Japón, adoptan el color verde, mientras que en Canadá y Estados Unidos se utiliza el color rojo (Olyazadeh, 2013). Los estudios no muestran diferencias significativas entre ambos colores, pero en comparación con el uso del color blanco en un entorno con humo, este último requiere una mayor luminosidad para mejorar la visibilidad (Jouellete, 1988; Tang et al., 2009; Olyazadeh, 2013).

En resumen, la visibilidad en la señalización es un aspecto fundamental para considerar en situaciones de emergencia. La elección del color y los niveles de luminosidad son factores clave para garantizar una visibilidad adecuada y ayudar a las personas a tomar decisiones correctas en momentos críticos.

### 2.2.13 Percepción de las señales

La percepción puede ser entendida como la interpretación de los estímulos sensoriales o la formación de representaciones del mundo externo (Cavalcanti, 2003). En el caso de la percepción de una señal, esta implica una estimulación que prepara al individuo para una respuesta, y está influenciada por dos factores principales: bottom-up (detección, legibilidad y claridad de la señal) y top-down (interpretación, semántica y contexto).

La legibilidad se refiere al grado de claridad inicial del mensaje (Wogalter et al., 2002). Para ello, es importante considerar el tamaño de la imagen y cómo este se verá afectado por la distancia desde la cual se visualizará. Además, las condiciones ambientales, como la luz solar,

la humedad, la temperatura o la presencia de ciertas sustancias químicas pueden deteriorar la legibilidad de una advertencia con el paso del tiempo. En cuanto a las ilustraciones, estas son más efectivas para comunicar conceptos simples y concretos, pero menos eficaces para representar conceptos abstractos.

Cuando se utiliza texto, es fundamental tener en cuenta el tamaño de la letra. Debido a la edad y a diversas condiciones ambientales, la agudeza visual tiende a disminuir (Lesch, 2003). Por lo tanto, el tamaño de la fuente debe ser lo suficientemente grande como para que la gran mayoría de los usuarios pueda leer el texto sin dificultad.

La velocidad de percepción se refiere al tiempo que transcurre desde la presentación del objeto hasta su percepción visual (Zielinska et al., 2017). Este tiempo puede variar dependiendo de factores individuales y contextuales, como la experiencia previa, el nivel de atención y la complejidad de la señal.

Por otro lado, el enfoque top-down se refiere a la influencia de factores cognitivos y contextuales en la interpretación y comprensión de la información visual (Wogalter et al., 1997). Estos factores incluyen la interpretación semántica y el contexto en el que se presenta la señal.

La interpretación semántica se refiere a cómo atribuimos significado y comprendemos el mensaje visual en función de nuestros conocimientos, experiencias y expectativas previas (Cavalcanti & Soares, 2012). Nuestro bagaje cognitivo y cultural influye en cómo interpretamos los símbolos, colores y formas utilizados en la señalización. Por ejemplo, una raya roja en diagonal puede ser universalmente reconocido como un indicador de prohibición.

El contexto también juega un papel importante en la percepción de señalización. La ubicación de la señal, el entorno circundante y las situaciones específicas en las que se encuentra el individuo pueden influir en la forma en que percibimos y respondemos a la señal (Olyazadeh, 2013). Por ejemplo, una señal de salida de emergencia puede ser interpretada de manera diferente en un edificio residencial en comparación con un aeropuerto, debido al contexto y las expectativas asociadas con cada entorno.

En conclusión, la percepción de una señal no se limita únicamente a la detección visual, sino que también implica la interpretación y comprensión de su significado y contexto. Para diseñar sistemas de señalización efectivos, es fundamental considerar tanto los aspectos bottom-up (legibilidad, claridad) como los aspectos top-down (interpretación, semántica y

contexto), asegurando que la señal sea fácilmente detectable, comprensible y relevante para los usuarios en diferentes situaciones y condiciones.

#### 2.2.14 Atención

La atención es un aspecto fundamental en el contexto de seguridad laboral y prevención de riesgos y accidentes. ya que está directamente relacionada con la detección y respuesta eficiente a estímulos peligrosos (Young et al., 2013; Hockey, 2009). Evaluar y comprender las manifestaciones de la atención en relación con estos estímulos es esencial para diseñar estrategias efectivas de prevención.

Según el estudio realizado por Chen et al. (2018), se identifican tres modalidades de atención comúnmente relacionadas con estímulos peligrosos en el entorno laboral:

1. Atención selectiva: Esta modalidad de atención se asocia con la capacidad de enfocarse en la información relevante y darle prioridad sobre otras distracciones. En el contexto de seguridad laboral, la atención selectiva permite a los trabajadores focalizarse en las señales de advertencia, los protocolos de seguridad y los riesgos potenciales, minimizando así las posibilidades de accidentes.
2. Atención dividida: Esta modalidad de atención se refiere a la capacidad de distribuir los recursos cognitivos entre múltiples tareas simultáneamente. En el entorno laboral, los trabajadores a menudo tienen que lidiar con varias tareas y demandas cognitivas al mismo tiempo. La atención dividida les permite mantener un nivel adecuado de atención en cada una de estas tareas, evitando descuidos y errores que podrían llevar a situaciones de riesgo.
3. Atención sostenida: Esta modalidad de atención implica la capacidad de mantener la atención durante períodos prolongados de tiempo. En el entorno laboral, donde la vigilancia constante de los riesgos y el cumplimiento de los protocolos de seguridad son cruciales, la atención sostenida desempeña un papel fundamental.

Comprender estas modalidades de atención es esencial para diseñar estrategias efectivas que mejoren la detección temprana de peligros, la toma de decisiones adecuadas y

la reducción de situaciones de riesgo en el entorno laboral. Al considerar estas modalidades, se pueden implementar medidas de prevención más eficaces, maximizando así la seguridad de los trabajadores y reduciendo la incidencia de accidentes laborales.

### 2.2.15 Interpretación

La interpretación del comportamiento humano en situaciones críticas es un aspecto fundamental para comprender las acciones y reacciones de los individuos. Para ello, es necesario evaluar tanto las características específicas de la situación como las respuestas individuales. Estas evaluaciones pueden realizarse en diferentes niveles de observación, que incluyen el rendimiento, las emociones y los aspectos psicológicos. Dependiendo del nivel de observación, se utilizan herramientas subjetivas (como el Índice de Carga de Trabajo de la NASA de Hart & Staveland, 1988), herramientas de rendimiento (evaluación del tiempo necesario para completar una tarea, por ejemplo, como en el estudio de Chi & Lin, 1997) y herramientas psicológicas (como mediciones electrodermales, según lo propuesto por Soler-Dominguez, 2020).

### 2.2.16 Intención de comportamiento y obediencia

La comprensión del comportamiento humano también implica considerar la intención de comportamiento y la obediencia en situaciones críticas. Además del estrés, que ya se ha mencionado como un factor influyente, otros aspectos como la familiaridad con la situación, la presión del tiempo o la presencia de otras actividades mentales concurrentes pueden interferir y reducir las tasas de obediencia. Estudios previos, como el realizado por Laughery & Wogalter (2014), han destacado la importancia de tener en cuenta estos factores en el diseño de sistemas y procedimientos de seguridad, ya que pueden influir en la respuesta de los individuos y en su disposición para cumplir con las instrucciones y regulaciones establecidas.

En resumen, la interpretación del comportamiento humano en situaciones críticas requiere considerar diferentes niveles de observación y utilizar herramientas subjetivas, de rendimiento y psicológicas. Además, es importante tener en cuenta la intención de comportamiento y la obediencia, comprendiendo cómo factores como el estrés, la familiaridad y la presión del tiempo pueden afectar la respuesta de los individuos. Estos conocimientos son

fundamentales para mejorar la efectividad de los sistemas de seguridad y la prevención de riesgos en diversos contextos.

### 2.2.17 Memoria y recuerdo

La teoría de la información semántica y la clasificación de la memoria en diferentes tipos proporcionarán un marco teórico para comprender mejor cómo se procesa y almacena la información en el contexto de la señalización y la seguridad (Laughery, 2006; Lesch, 2003, 2008a).

Según la teoría de la información semántica, la memoria puede conceptualizarse como una red interconectada de nodos y conceptos (Collins & Loftus, 1975). Esta red permite la recuperación de información, aunque con cierta transformación, incluso después de un período de tiempo en el que la fuente de información ya no está presente (Cavalcanti, 2003). La elaboración de un concepto, como la presentación de un escenario de accidente en el contexto de esta tesis, facilita el establecimiento de relaciones entre diferentes conceptos o piezas de información, tanto las que se están aprendiendo como las que ya están almacenadas en la memoria. Esto resulta en la asociación de conceptos, lo cual refuerza la importancia de proporcionar un escenario de accidente en comparación con la formación verbal.

Existen dos formas de memoria: la memoria de corta duración o de trabajo (*Short-term memory* - STM) y la memoria de largo plazo (*Long-term memory* - LTM) (Norris, 2017). La memoria de corta duración retiene información inmediata de eventos recientes, incluso aquellos que ocurrieron hace minutos u horas. Filtra y transforma los elementos de información y tiene una capacidad limitada, lo que significa que cuando se excede esta capacidad, la información se pierde. Por otro lado, la memoria de largo plazo retiene información a través del proceso de entrenamiento y aprendizaje, y puede realizar asociaciones o combinaciones para recordarla selectivamente (Köster & Gruber, 2022).

En función del tipo de información almacenada, la memoria se clasifica en verbal, que almacena caracteres alfanuméricos, y espacial, que almacena información analógica, pictórica y con características visuales. La literatura ha asociado la atención necesaria para identificar los elementos con una mayor dificultad de retención en la memoria (Beber et al., 2014; Cavalcanti, 2003).

### 2.3. Usabilidad y la experiencia del usuario

En el campo de la interacción usuario-máquina, el término "experiencia de usuario" (UX), popularizado por Don Norman, engloba las sensaciones y los aspectos significativos de la interacción entre el usuario y los sistemas o servicios (Norman et al., 1995). Sin embargo, en un estudio de usabilidad existen errores comunes que deben evitarse para obtener resultados más precisos. Según Navarro et al. (2012), estos errores pueden agruparse en cuatro puntos principales: enfoques genéricos que ignoran los objetivos específicos del estudio, sobrevaloración de la opinión de expertos sin considerar la perspectiva del usuario final, valoración excesiva de porcentajes y probabilidades sin tener en cuenta la singularidad de cada caso, y tendencia a descuidar el enfoque cualitativo en favor del cuantitativo. Conscientes de la importancia de evitar estos errores, reconocemos la necesidad de adoptar una metodología que nos permita comprender el perfil del usuario y de adoptar un enfoque cualitativo en nuestra investigación. Sin embargo, también somos conscientes de la importancia de los datos cuantitativos y de su complementariedad en el análisis de la experiencia de usuario. Por este motivo, en nuestro estudio hemos empleado un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos para obtener una visión más completa y precisa de la experiencia del usuario en entornos de realidad virtual (Fonseca et al., 2015, 2018, 2021b; Navarro et al., 2017)

Según McNamara & Kirakowski (2006), a la hora de evaluar tecnologías hay que tener en cuenta tres elementos principales: el producto (funcionalidad, es decir, "¿Qué hace el producto?"), la interacción entre el usuario y el producto (usabilidad: "¿Puedo hacer con el producto lo que me gustaría hacer?") y la experiencia de uso del producto (experiencia de usuario, es decir, "¿Cómo me siento utilizando el producto?").

La usabilidad está relacionada con la facilidad de uso que el individuo hace de un producto y su medición debe basarse en la calidad de uso, el grado en que un producto puede ser utilizado por usuarios concretos para alcanzar objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso determinado (International Organization for Standardization [ISO], 2018). Ella influye en la experiencia del usuario, ya que: "Una mala usabilidad contribuiría sin duda a una experiencia negativa del usuario, lo que a su vez podría desalentar un mayor uso del producto" (Preece et al., 2002).

Según Preece et al. (2002), los objetivos de la usabilidad son: eficacia, eficiencia, seguridad, utilidad, facilidad de aprendizaje, recuerdo y comodidad de las interacciones. La experiencia suscita cuestiones generales que se plantean los usuarios al utilizar el producto, como cómo se sintieron con la experiencia, qué significó para ellos y si fue importante para ellos. En resumen, el estudio de la experiencia de usuario y la usabilidad son elementos fundamentales para comprender y evaluar la interacción entre los usuarios y los productos o sistemas, y para garantizar una experiencia satisfactoria y efectiva para los usuarios.

### 2.3.1 Evaluación de usabilidad

La experiencia de usuario y la usabilidad, debido a su importancia, han sido ampliamente utilizadas para las pruebas de calidad (Nielsen apud Fonseca et al., 2015). Las mismas permiten obtener información valiosa de la interacción del usuario, para un mejor ajuste, rediseño y/o mejora del sistema en base a la opinión y tipología del usuario final.

Para asegurar la optimización de un producto o sistema, el comportamiento del usuario es un aspecto clave. Por ello, al pensar en usabilidad debemos considerar interacciones usables, seguras, eficaces y cómodas, fáciles de aprender y con un bajo nivel de ocurrencia de errores. Para ello es necesario considerar el desempeño de los usuarios mientras interactúan con el producto (por ejemplo, midiendo el tiempo para realizar una tarea, el nivel de percepción y otros) (Rebelo et al., 2012). También deben tenerse en cuenta las respuestas afectivas provocadas por un producto, que se clasifican en función del estado emocional del usuario, que son dinámicas y dependen del tiempo.

Así, considerando los objetivos de usabilidad mencionados anteriormente, es importante proceder a las preguntas clave para abordar cada objetivo, conforme expuesto en la Tabla 9.

Tabla 9. Dimensiones evaluación usabilidad

Dimensión	Concepto	Pregunta
Eficacia	Se refiere a lo bueno que es un sistema o producto para hacer lo que se supone que debe hacer; a la exactitud e integridad de las respuestas (por ejemplo, la tasa de éxito de las preguntas contestadas).	¿Es el sistema capaz de permitir que las personas aprendan bien, realicen su trabajo con eficacia, accedan a la información que necesitan, compren los productos que desean?
Eficiencia	Se refiere a la forma en que un sistema ayuda a los usuarios a realizar sus tareas	¿Después de aprender a utilizar el sistema, ¿son capaces de mantener un alto rendimiento en sus tareas?
Seguridad	Pretende proteger al individuo contra condiciones peligrosas y situaciones indeseables	¿Es capaz el sistema o producto de evitar que los usuarios cometan errores graves y, si los cometen, es posible subsanarlos fácilmente?
Usabilidad	Se refiere a la medida en que el sistema proporciona el tipo adecuado de funcionalidad para que los usuarios puedan hacer lo que necesitan o quieren hacer	¿Proporciona el sistema un conjunto adecuado de funciones para que los usuarios puedan hacer lo que desean?
Aprendizaje	Se refiere a la facilidad con la que se aprende a utilizar un sistema o producto	¿Es fácil y rápido para el usuario comenzar a realizar sus actividades?
Memoria	Se refiere a lo fácil que es recordar cómo utilizar un sistema una vez aprendido	¿Qué interfaz de ayuda tiene el usuario para recordar cómo realizar las tareas que no tiene que hacer a menudo?
Satisfacción	Se centra en la actitud y la comodidad de los participantes	¿Qué tan satisfecho(a) te sientes con la experiencia de uso de este producto/sistema?

En resumen, la usabilidad y la experiencia del usuario son elementos cruciales para el diseño y la evaluación de productos y sistemas. La eficacia, eficiencia, seguridad, usabilidad, facilidad de aprendizaje, memoria y satisfacción son dimensiones clave que deben considerarse al evaluar la interacción entre los usuarios y un producto o sistema. Estas dimensiones proporcionan una guía para abordar los objetivos de usabilidad y mejorar la calidad de la experiencia del usuario. En contextos específicos, como los sistemas de respuesta de voz interactiva (IVR), la aplicación de principios de usabilidad es igualmente esencial para garantizar una interacción efectiva y satisfactoria.

### 2.3.2 Evaluación de usabilidad en RV

Como se ha mencionado previamente, la Realidad Virtual (RV) es una herramienta versátil utilizada para diversos propósitos, pero también se considera un producto por derecho propio.

Considerando la naturaleza de la Realidad Virtual como un producto en sí mismo, es pertinente abordar dos aspectos distintos en este tema. En primer lugar, se analizará la evaluación de la usabilidad de entornos virtuales, específicamente la evaluación de la usabilidad de un entorno inmersivo, teniendo en cuenta su finalidad. En el contexto de esta investigación, se examinará la usabilidad de un juego inmersivo diseñado con el propósito de mejorar la seguridad laboral. En segundo lugar, se llevará a cabo la evaluación de la usabilidad en el ámbito de la realidad inmersiva, focalizándose en la evaluación de la usabilidad de un producto en particular. En este caso, se considerará la usabilidad de la señalización haciendo uso de gafas virtuales.

Cuando se aborda la evaluación de la usabilidad de entornos virtuales, se reconoce que la usabilidad desempeña un papel fundamental para lograr un sistema mejorado, un rendimiento óptimo y la comodidad de los usuarios (Olyazadeh, 2013). Al considerar la usabilidad, es importante incorporar conceptos multidisciplinarios como la ergonomía y características humana. Si bien los conceptos y objetivos fundamentales son similares a los de la usabilidad en entornos físicos reales, el enfoque en la Realidad Virtual es diferente debido a las diferencias de contexto.

Sin embargo, en una revisión bibliográfica, se ha observado que todavía se ha realizado escaso trabajo específico centrado en la usabilidad inmersiva. Una excepción notable es la herramienta MAUVE (*“Multi-Attribute usability evaluation tool for virtual environments”*), que aborda una evaluación heurística multicriterio donde las pautas de diseño se organizan en diversas categorías de entornos virtuales, como navegación, manipulación de objetos, entrada y salida (Bowman et al., 2002). Un aspecto negativo de este método es que, aunque es heurístico, se enfoca únicamente en la usabilidad desde la perspectiva de expertos. Además, se ha recurrido al uso de herramientas de usabilidad no inmersivas en el contexto inmersivo, lo cual es una posibilidad interesante si el evaluador tiene en cuenta las particularidades del sistema y de la realidad inmersiva. Una solución viable es emplear múltiples métodos de

realidad no inmersiva de manera conjunta y adaptada al entorno virtual. En la siguiente sección, se presentarán algunos de estos métodos.

En la evaluación de entornos virtuales, es crucial considerar la importancia de la presencia para el logro de los objetivos del Entorno Virtual (VE). La presencia tiene la capacidad de influir en el rendimiento, los objetivos y los resultados de la inmersión, lo que suele ocurrir de manera significativa. Es importante destacar que durante la inmersión, el evaluador no puede intervenir, lo que implica que no debe tocar ni hablar con el usuario.

Por otro lado, al abordar la evaluación de la usabilidad de un producto mediante RV, se debe dar prioridad a las medidas de comportamiento y satisfacción (Rebelo et al., 2012). Las evaluaciones de comportamiento están relacionadas con el rendimiento, los errores y el aprendizaje, y se centran en observar cómo los usuarios interactúan con el producto y qué resultados obtienen. Por otro lado, la satisfacción se refiere a las respuestas subjetivas que los usuarios experimentan después de interactuar con el producto de Realidad Virtual.

Estos aspectos son fundamentales para comprender la efectividad y la calidad del entorno virtual y del producto en términos de usabilidad. La evaluación de la presencia y el análisis del comportamiento y la satisfacción proporcionan información valiosa para mejorar la experiencia de los usuarios y optimizar la interacción en entornos virtuales.

Un ejemplo ilustrativo de evaluación del comportamiento del usuario es el uso de la grabación de video como técnica. En esta metodología, tanto el usuario como la interfaz se registran mediante video. Sin embargo, en el contexto de una experiencia inmersiva, los usuarios tienden a desplazarse en una amplia región, lo que plantea desafíos al emplear una cámara fija. Para abordar esta situación, se requiere una toma de video amplia y una cuidadosa sincronización entre las vistas del usuario y el entorno gráfico, de manera que la relación causa-efecto se aprecie claramente en la grabación de video.

En la evaluación de entornos virtuales, se emplean principalmente dos métodos: la evaluación en banco de pruebas y la evaluación secuencial (Bowman et al., 2002). El método de evaluación en banco de pruebas se utiliza comúnmente en un contexto específico, brindando datos cuantitativos y cualitativos. Por otro lado, el método de evaluación secuencial se emplea en un contexto más general, también proporcionando datos cuantitativos.

Estos métodos de evaluación son ampliamente utilizados y brindan información importante para comprender el comportamiento de los usuarios, su interacción con el entorno virtual y la usabilidad del sistema. Al combinar datos cuantitativos y cualitativos, se obtiene una

visión más completa y precisa de cómo los usuarios interactúan con el entorno virtual (Fonseca et al., 2021a) y cómo se puede mejorar su experiencia.

### 2.3.3 Evaluaciones metodológicas

Como se ha mencionado previamente, la evaluación en Realidad Virtual presenta una importante dificultad a considerar. Las técnicas convencionales para la evaluación se basan en pruebas antes y después de la interacción. Sin embargo, surge la interrogante de cómo llevar a cabo una evaluación o seguimiento durante el uso sin perturbar la presencia del usuario, ya que esto podría ocurrir si los usuarios se sienten bajo evaluación (Bowman et al., 2002). Esto implica la necesidad de desarrollar enfoques innovadores y adaptados específicamente a los entornos virtuales, que permitan recopilar datos objetivos y subjetivos sin interrumpir la presencia y la interacción natural del usuario.

Las metodologías empleadas para investigar los diversos aspectos se clasifican en tres categorías: cuantitativas (Palacios-Ibáñez et al., 2023; Galán et al., 2020; Rojas et al., 2020; Arino et al., 2014), cualitativas (Kuss et al., 2022; Cavalcanti et al., 2021; Saunders et al., 2018; Hall et al., 2011) y, más recientemente, metodologías híbridas (Fonseca et al., 2021b, 2013; Pifarré et al., 2009) que combinan datos estadísticos de diferentes diseños de interfaz (cualitativos y cuantitativos).

Los enfoques cuantitativos han sido tradicionalmente los principales métodos de investigación científica educativa. Estos enfoques se centran en analizar el grado de asociación entre variables cuantificadas, siguiendo los principios del positivismo lógico. Por lo tanto, requieren delimitar las posibles respuestas para valorar objetivamente los resultados (Fonseca et al., 2013; Redondo et al., 2016). En el contexto de la realidad inmersiva, los enfoques cuantitativos se basan en la medición de criterios objetivos específicos presentes en la simulación o experimento, como el tiempo requerido por los participantes para completar una tarea o el número de interacciones realizadas (Ríos & Pelechano, 2020). Algunas de las herramientas utilizadas para este tipo de evaluación son los equipos de evaluación psicológica, como el trazado cutáneo y las actividades electro dérmicas (EDA). Los métodos de evaluación cuantitativa son útiles para comparar, por ejemplo, tareas del mundo real con tareas de realidad virtual, con el fin de minimizar las diferencias y obtener plataformas de trabajo idóneas que puedan reemplazar las situaciones reales.

Por otro lado, las metodologías cualitativas se utilizan para medir criterios subjetivos como el realismo percibido o la verosimilitud (es decir, hasta qué punto se considera aceptable un entorno o experiencia de realidad virtual), por ejemplo. Los participantes suelen puntuar estos criterios mediante cuestionarios (Ríos, 2021). En relación con los experimentos de realidad virtual, se han elaborado y utilizado cuestionarios estandarizados en varios estudios (Slater & Steed, 2000; Gonzalez-Franco & Peck, 2018). Estos cuestionarios constan de varias preguntas que los participantes evalúan utilizando escalas de Likert u otros métodos similares. Los experimentos evaluados cualitativamente proporcionan información sobre un aspecto específico, pero pueden dejar sin respuesta muchas otras preguntas.

Una técnica cualitativa habitual y ampliamente utilizada para evaluar la usabilidad de entornos virtuales es el protocolo Think-aloud (Bowman et al., 2002). El método Think-aloud tiene como objetivo revelar las actitudes subjetivas de los participantes hacia un producto. En este método, los participantes verbalizan en voz alta todos sus procesos de pensamiento mientras realizan una tarea asignada, sin explicar su comportamiento (Vanicek & Popelka, 2023). Esta técnica no interfiere en los procesos de pensamiento de los participantes, ya que se centran en su tarea y verbalizan sus pensamientos y acciones de manera automática. Los datos recopilados a través del protocolo Think-aloud provienen directamente de la memoria de trabajo de los participantes, y estudios de metaanálisis han demostrado que este procedimiento no tiene ningún efecto directo en el rendimiento de la tarea (Young et al., 2013). Es un método utilizado para recopilar numerosas afirmaciones relacionadas con la satisfacción del usuario durante la realización de tareas (Smith et al., 2022).

Además del protocolo Think-aloud, existen otras técnicas de evaluación de usabilidad disponibles en la literatura, como:

- Recorrido cognitivo: se utiliza para comprender la usabilidad de un sistema cuando es utilizado por primera vez por el usuario.
- Evaluación formativa: se basa principalmente en resultados cualitativos y se utiliza para evaluar problemas de usabilidad y capacidad de diseño.
- Evaluación heurística: implica aplicar un conjunto de directrices de diseño a los usuarios y es más adecuada para usuarios expertos. El MAUVE, mencionado anteriormente, es un ejemplo de esta técnica.

- Cuestionarios: se utilizan cuestionarios definidos que se eligen en función de los aspectos a evaluar, como rendimiento (TLX, VRUSE, SUMI, SWAT), presencia (SUS, ITC, Cuestionario de Presencia de Witmer & Singer), confort (SSQ), experiencia percibida (UEQ), facilidad de uso, entre otros. Los cuestionarios son considerados herramientas cómodas de utilizar.
- Entrevistas: permiten al evaluador recopilar información más detallada del usuario, incluyendo factores que no se tuvieron en cuenta en la prueba y que posteriormente se demuestra que tienen una gran influencia en los resultados. Es un método cualitativo que requiere un entrevistador capacitado.
- Banco de pruebas: compuesto por evaluaciones heurísticas y cuantitativas.
- Evaluación secuencial: compuesta por evaluaciones formativas, sumativas y heurísticas.
- BLA (“*Bipolar Laddering Assessment*”): tiene como objetivo identificar los factores críticos de cualquier experiencia de usuario (Fonseca et al., 2015; Pifarré et al., 2009). Utiliza clasificadores de respuestas abiertas con polos positivos/negativos para definir las fortalezas y debilidades de los sistemas (Redondo et al., 2016). Esto permite el diseño participativo de productos y fomenta la participación de los usuarios en las pruebas de diseño de productos. Los usuarios y los facilitadores trabajan juntos para definir los aspectos importantes mediante conversaciones estratégicas.

Por lo general, las medias o medianas obtenidas en los experimentos se comparan utilizando diversos métodos estadísticos, como ANOVA, Kruskal, Friedman, según el tipo de datos recopilados, el número de repeticiones y los supuestos que siguen los datos (normalidad, homocedasticidad), entre otros.

## 2.4 Conclusiones

En este capítulo se presentan las principales conclusiones obtenidas sobre el tema de estudio mediante una revisión bibliográfica exhaustiva. Se utilizaron diversas fuentes académicas y científicas, como Google Scholar, Scopus, Web of Science y revistas especializadas en ingeniería, tecnología, psicología, diseño y matemáticas. Los criterios de inclusión

considerados fueron: tecnologías digitales y educación, nuevas tecnologías y señales de seguridad, comportamiento humano y carga cognitiva en ambientes estresantes, realidad virtual y su relación con las emociones.

A partir de la revisión de la literatura, se pudo percibir que los entornos inmersivos son herramientas eficaces para la formación, ya que el aprendizaje mejora cuando el usuario forma parte integral del flujo de estímulos y tiene un control activo sobre la experiencia, lo cual favorece el aprendizaje. Además, se observó que los entornos gamificados han sido utilizados previamente como herramientas de formación en gestión de riesgos, ayudando a los alumnos a interpretar su actividad y realizar análisis causa-consecuencia tanto en tiempo real como retrospectivamente. También se identificó que algunos entornos de realidad virtual se han utilizado para evaluar productos, aunque este proceso aún no se considera universalmente aplicado.

La realidad virtual inmersiva se percibe como una herramienta adecuada e importante para la formación en seguridad, ya que evita malentendidos en situaciones reales. Esto se debe a que el aprendizaje implica la modificación del comportamiento basado en experiencias anteriores, y la presencia y la verosimilitud de la realidad virtual generan una experiencia en el usuario. Los juegos de realidad virtual también pueden proporcionar un entorno de formación integral que ofrece nuevas oportunidades en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la seguridad, y tienen un futuro prometedor respaldado por la amplia disponibilidad en el mercado de herramientas de software y hardware asequibles para entornos de realidad virtual. Sin embargo, para lograr el éxito, es necesario tener en cuenta variables como los requisitos tecnológicos y el diseño en sí, que depende de la dinámica a gamificar, el contexto o dispositivo a utilizar y el perfil del usuario.

Al construir un entorno de aprendizaje gamificado, es fundamental que el contexto de la actividad refleje autenticidad, interacción constructiva y eficacia. En relación con el tema de las molestias cibernéticas, se encontró que es importante prestar atención a la sincronización entre las acciones del usuario y las expectativas, así como a la comunicación adecuada entre la realidad física y la percepción comparativa.

En cuanto a señalética y advertencias, se enfatiza la necesidad de que sean eficaces y motiven cambios de comportamiento para evitar acciones perjudiciales. Para ofrecer la mejor experiencia al usuario, es importante comprender cómo las personas perciben y utilizan la información, qué contenido de la señal recuerdan y deben seguir al realizar una acción. La

señalización adecuada debe proporcionar información relevante, no redundante y veraz, teniendo en cuenta una serie de factores internos y del entorno que influyen en su eficacia.

En cuanto a las técnicas de investigación, se reconocen las herramientas más comunes utilizadas en entornos inmersivos. También se tuvo en cuenta la recopilación de datos cuantitativos del individuo, así como su comportamiento hacia la señalización, ya que proporcionan información esencial para el análisis. Por lo tanto, se considera un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo) como el más adecuado para el desarrollo de esta tesis, dependiendo del momento y los objetivos específicos de la investigación.

## Capítulo 3: Desarrollo del juego inmersivo formativo: diseño centrado en el usuario

El proceso de diseño de las Realidades Extendidas (RX) se configura a partir de una serie de tareas de creación y desarrollo que son necesarias para la producción de diseños de interfaz eficaces. Para que un proyecto de juegos serios y juegos con fines formativos tengan éxito, se debe considerar el diseño participativo (Mildner & Floyd Mueller, 2016; Khaled et.al.,2014) con la alianza entre diseñadores y no diseñadores. Los métodos de co-creación permiten contar con el apoyo de especialistas de diferentes áreas relacionadas con el tema, con las tecnologías, así como con los futuros usuarios potenciales para que, de forma colaborativa, con un enfoque integrado, puedan diseñar un producto eficiente.

En este capítulo presentamos el rediseño de un entorno virtual para adaptarlo a las necesidades de nuestro estudio. El ambiente virtual previamente desarrollado ("*Spheres & Shield Maze Tasks*"- SSMT) tenía como premisa ser un entorno flexible que se pudiera explotar en varias líneas de investigación diferentes. Así, el SSMT se configuró como un laberinto descontextualizado (Soler-Domínguez, 2020). Es decir: sus paredes, suelos, y elementos no buscaban hacer referencia a ningún entorno concreto, sino que buscaban la neutralidad. Desde el punto de vista de la motivación intrínseca, el entorno virtual pretendía simular un videojuego mediante el uso de elementos de gamificación: karma-esferas, escudo y riesgos. De este modo, permitía al usuario realizar determinadas tareas mientras se observaba su comportamiento.

Teniendo en cuenta la metodología de esta tesis (metodología de diseño centrada en el usuario), que permite percibir más fácilmente los problemas a los que se enfrentan los usuarios a través de su participación en las etapas de un proyecto (Almeida, 2018; Jerald, 2015), así como las hipótesis de este estudio, procedemos a describir el proceso de desarrollo del juego inmersivo formativo usado para la investigación.

Las primeras pruebas con usuarios del entorno original permitieron identificar la necesidad de rediseñar el juego para responder a nuestros objetivos de investigación. Por ello, recurrimos al uso de “*design jams*” como proceso creativo, para obtener feedback sobre este primer entorno y las aportaciones necesarias para sus cambios. El “*design jam*”, cuando se aplica bien, es una fuente funcional para el desarrollo de productos, incluso las RX, a través de la co-creación. Con este fin, nos enfocamos en estos puntos:

- Las variables de señalización utilizadas: con el objetivo principal de estudiar su funcionalidad en un entorno virtual desconocido para el usuario.
- Los distintos niveles de peligro: para evaluar si, en congruencia con lo que ocurre en la realidad, la presencia de peligro, así como la gravedad de las consecuencias, influyen en el comportamiento de los investigados.
- Narrativa: cómo responderían los usuarios al “*storyboard*”, a la narrativa neutra y a las interacciones desarrolladas. ¿Podría el entorno frío potenciar el miedo a lo desconocido?

### 3.1 The Sphere & Shield Maze Task: el entorno de base

Como se ha mencionado anteriormente, el entorno virtual presentado consistía en un laberinto descontextualizado (Figura 16), donde la tarea principal del usuario era llegar desde el punto de partida hasta la salida en un tiempo máximo de 3 minutos.

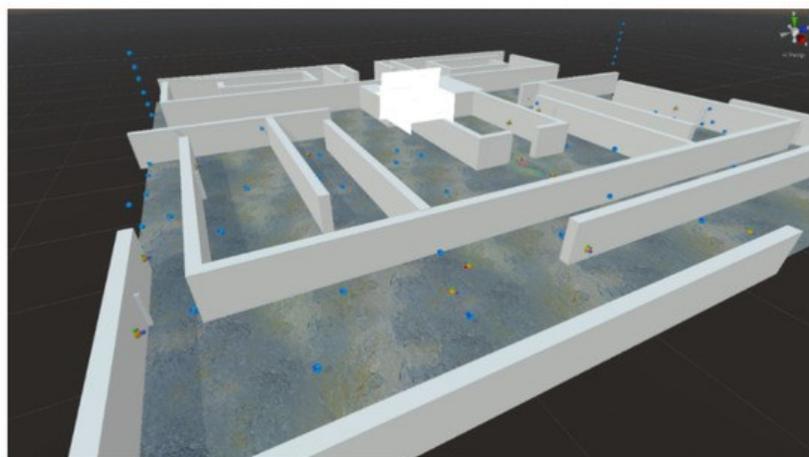


Figura 16. Vista del laberinto. Fuente: Fonseca et al., 2021.

Como elementos de gamificación encontramos la presencia de riesgos y un escudo para hacer frente a los mismos. La mecánica utilizada era el reto y la recompensa (puntos) representados por “karmas”. Estos elementos tenían forma de esferas y estaban distribuidos por el entorno. Podían ser estáticos (fijos en un punto) o dinámicos (en constante movimiento por caminos preestablecidos). Cuando eran recogidos (por ejemplo, tocados con uno de los mandos) producían un sonido. La tarea secundaria del jugador era acumular tantos “karmas” como fuera posible durante su recorrido.

Los peligros se eligieron para mostrar diferentes niveles de gravedad. Eran de tres tipos: fuegos (incendio), precipicios y suelos mojados. El contacto con ellos no implicaba ningún riesgo real para el sujeto, ni para su avatar, pero como consecuencia generaba la pérdida de puntos (“karmas”) y se proyectaba una respuesta negativa (sonido de bocina y luz roja alrededor de la cámara). El fuego estaba representado por una fuerte llama, que se proyectaba a todo lo ancho de un pasillo, por lo que simbolizaba el peligro más inminente y grave. El precipicio estaba situado en una esquina y no se proyectaba hacia el avatar, lo que lo configuraba como un peligro menos eminente que el fuego. Para avanzar en la sección del laberinto donde se ubicada este peligro sin pérdida de puntos no era necesario utilizar el escudo, siendo sólo necesario no acercarse a la esquina del precipicio. Sin embargo, si por decisión propia el jugador se acercase al abismo, debía utilizar el escudo para no perder puntos. Por último, el suelo mojado, que, aunque estaba en todo el ancho de su pasillo, era más estático y más comúnmente presente en nuestra realidad, simbolizaba el riesgo de menor gravedad. En la Figura 17 se pueden ver los peligros y los “karmas”.

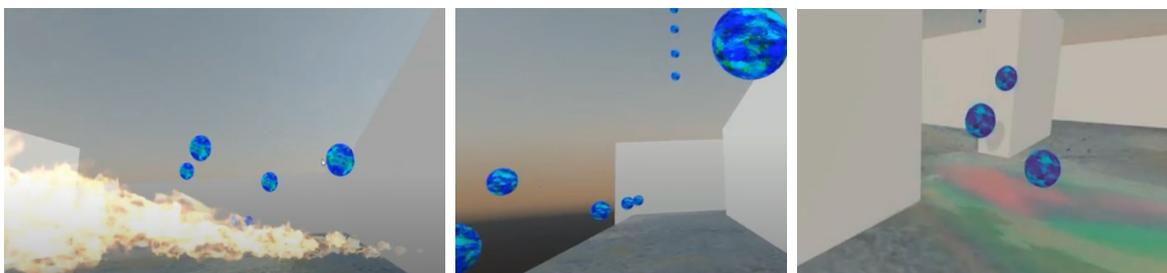


Figura 17. Peligros: fuego, precipicio, suelo mojado con las karmas-esferas. Fuente: de-Juan-Ripoll et al., 2020.

Los jugadores tenían la capacidad de activar los escudos mediante los mandos del sistema. Sin embargo, al activar los escudos, la velocidad de desplazamiento del usuario dentro

del entorno se reducía en un 40%. Esta implementación permitió proyectar una consecuencia perceptible similar a la experiencia de utilizar un equipo de protección, sin interferir con el flujo del juego o causar daños. Además, esta mecánica de juego promovió la adopción de decisiones utilitarias, lo que resultó en un mayor nivel de compromiso por parte del jugador (Soler-Domínguez, 2020).

Se seleccionó el modo de desplazamiento lineal para el entorno, ya que presenta una alta precisión y una curva de aprendizaje muy asequible (Soler-Domínguez, 2020). De este modo, el jugador se desplazaba pulsando el botón del mando en la dirección a la que apuntaba su mirada. En ese momento, se producía el sonido de pasos. La velocidad de locomoción era de 2m/s, ya que estudios previos indican que una velocidad superior a 3m/s puede aumentar el mareo (Soler et al., 2001).

Respetando la premisa de que, en una experimentación, es ideal que como primera acción se navegue en el entorno virtual, se hizo una sala de entrenamiento. El objetivo de estas salas es eliminar cualquier ansiedad y acostumbrar al usuario a los comandos del juego, antes que sus acciones comenzaran a ser evaluadas. Así que en ella el usuario podría aprender cómo moverse, cómo recoger “karmas” y activar el escudo.

Para ello, la sala contaba con tres esferas (una verde, una amarilla y una roja) a las que los jugadores debían dirigirse (como se puede ver en la Figura 18). Al situarse sobre ellas, la luz se apagaba y el usuario sabía que había realizado con éxito su acción. Además, debían activar el escudo y recoger algunas esferas mientras se movían. Cuando se completaban todas las acciones, la imagen se oscurecía y se entraba automáticamente en el escenario principal.



Figura 18. Sala de entrenamiento entorno 1. Fuente: Soler-Domínguez et al., 2020.

El entorno se desarrolló con el software Unity (versión 29017.3) con un rendimiento de 60 “frames” por segundo (FPS).

### 3.1.1. Señales de seguridad utilizadas

Teniendo acceso al entorno descrito anteriormente y la autorización de su desarrollador (Soler-Domínguez, 2020) para cualquier inserción de elementos, cambios y pruebas, se procedió a la inclusión de señales de seguridad. La intención era que durante el recorrido del usuario aparecieran diversas señales y riesgos para que, de forma inconsciente, se pudiera analizar el comportamiento del individuo con ellas (percepción, atención, obediencia, toma de decisiones).

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, creemos que es importante promover el uso de un lenguaje universal y estandarizado, de modo que cualquier individuo en cualquier parte del mundo pueda entender la información para no poner en riesgo su seguridad y su vida. Por lo tanto, optamos por hacer uso de las señales estandarizadas ANSI e ISO, cambiando solamente variables de su estructura (ejemplo, añadiendo elementos luminosos de LEDs) con el fin de probar su eficiencia en un entorno de riesgo. En estas normas, los mensajes visuales suelen tener el formato verbal-pictórico, es decir, su estructura consta de imagen y texto.

Así, y en base a las variables de estructuras predominantes encontradas (como se ha descrito en el capítulo anterior), las señales tenían las siguientes características:

- Señales estáticas: señales normalizadas por ANSI e ISO.
- Señales dinámicas: señales estáticas con la adición de caracteres dinámicos (LEDs intermitentes de diferentes colores).
- Señales inteligentes: señales dotadas de características de “Internet de las cosas” (IoT).

Por otro lado, teniendo en cuenta el tipo de información, hicimos uso de señales de obligación, de advertencia, señales codificadas por colores e identificación de peligro, que colocamos en forma de panel o en el suelo. Para abordar las funciones cognitivas deseadas, seleccionadas a partir de la búsqueda bibliográfica presentada en el capítulo anterior

(memoria, atención y decisiones de cumplimiento), las advertencias fueron de tipo instructivo o educativo, descriptivo y prescriptivo (Tabla 10).

Tabla 10. Señales utilizadas, clasificadas por tipo de cognición.

Cognición	Tipo	Objetivo	Descriptivo
Percepción y Memoria	Educativa	--	Cartel estático con advertencia e instrucción.
			Cartel dinámico LED intermitente blanco. Cartel dinámico intermitente informaciones.
Percepción y Comportamiento	Ruta	--	Señalización estático indicativo en suelo.
			Señalización dinámico LED intermitente amarillo en suelo. Señalización Smart (seta tras traspasar punto "Z").
	Warning	Fuego	Cartel dinámico LED intermitente blanco.
			Cartel dinámico LED intermitente amarillo.
			Cartel dinámico LED intermitente rojo.
	Warning	Altura	Cartel estático.
Cartel dinámico LED intermitente blanco. Señalización Smart + Línea protectora tras traspasar punto "Z".			
Warning	Piso Mojado	Señalización suelo.	
		Señalización pictograma se hace más grande tras traspasar punto "X" Señalización tipografía se hace más grande tras traspasar punto "X"	

Las señales se distribuyeron de forma que cada sujeto pudiera visualizar todos los tipos de señalización independientemente del recorrido elegido, respetando su libre elección de exploración, como se muestra en la Figura 19. Se dispusieron todas a una altura similar de 1,80m del suelo.

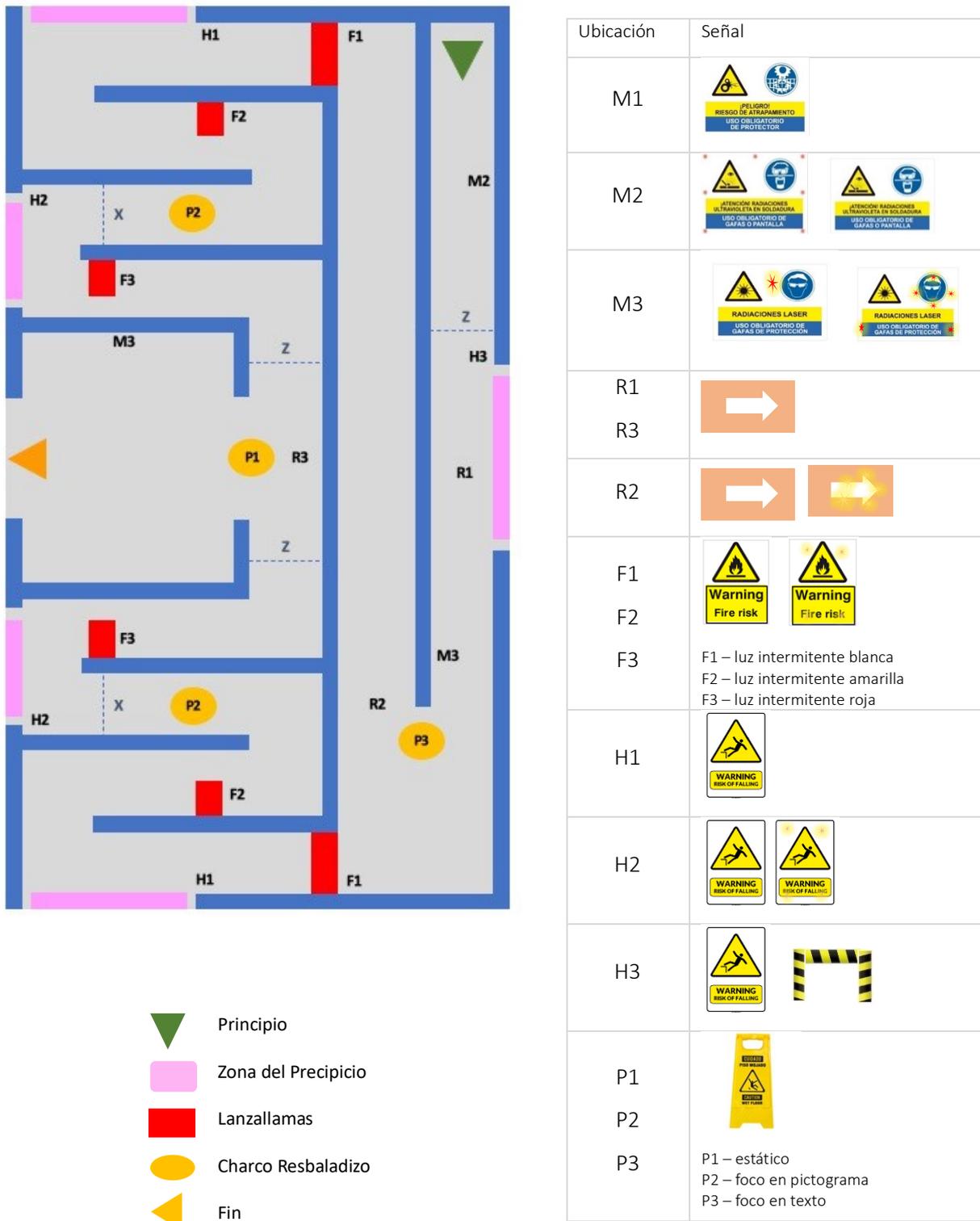


Figura 19. Las señales y su plano de ubicación. Fuente: la autora

### 3.1.2 Estudio Piloto

Con la señalización colocada en el entorno, con el objetivo de aumentar la calidad de la investigación y evitar problemas mayores durante los ensayos (Malmqvist et al., 2019) se realizó un primer estudio piloto. Como objetivos teníamos:

- O1: Aprender si el entorno virtual sería adecuado para evaluar la señalización y la cognición del usuario hacia él.
- O2: Verificar la usabilidad del entorno.
- O3: Valorar si había molestias cibernéticas procedentes del experimento.

Basándonos en el principio de que el piloto debe estar constituido por el 10% de la muestra final (Connelly, 2008; Hertzog, 2008) invitamos a 5 sujetos (3 hombres y 2 mujeres) voluntarios con perfil similar al del experimento final (es decir, con edad entre los 18 y los 65 años, del área de arquitectura e ingeniería de la Universitat Ramon Llull- La Salle). Las edades oscilaban entre 21 y 41 años (M=33.2, D.P = 8.0).

Los materiales utilizados fueron los mismo a los que se utilizarían a lo largo del proyecto de investigación: “*Head Mounted Display*” HTC Vive (resolución 1080 x 1200 píxeles, tasa de refresco de 90 Hz, campo de visión de 120° y masa de 470g). Teniendo en cuenta que el uso de dispositivos invasivos fue criticado en estudios de entrenamiento de gestión de riesgos en entorno virtual (Barot et.al , 2011), optamos por no utilizarlos.

Los experimentos se realizaron en el laboratorio del IoTiCat en diferentes días de la semana siempre a las 17:00, y tuvieron una duración total de 10 minutos (explicación, cuestionarios, inmersión y cuestionarios post-inmersión).

Antes de comenzar la experiencia, los usuarios recibieron una rápida explicación sobre el estudio, formalizaron su consentimiento para participar en la prueba y se les indicó que eran libres de hacer cualquier comentario durante la experiencia, así como que podían abandonar la misma en cualquier momento. El usuario era libre para elegir el camino que le parecía mejor y hacer la prueba de pie o sentado.

Tras los procedimientos iniciales, los participantes se pusieron el equipamiento y se vieron inmersos en la sala de entrenamiento, donde el investigador les indicó que se acercaran a las bolas, activaran el escudo y recogieran una esfera karma. Una vez realizadas estas acciones, se cargaba automáticamente el entorno principal. La simulación comenzaba con el

jugador ya dentro del laberinto SSMT (Figura 20) y se le indicaba que entrara y saliera del laberinto lo más rápido posible (tarea principal). Como tarea secundaria debían acumular el mayor número posibles de Karmas. Al terminar su recorrido, pasaron a la entrevista.

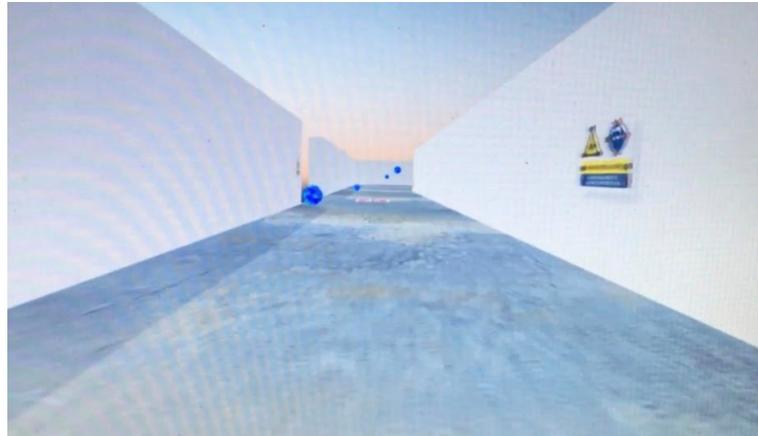


Figura 20. Captura de pantalla del inicio del simulador. Fuente: la autora.

### 3.1.3 Resultados del estudio piloto

En este estudio, todos los participantes poseían conocimientos y habilidades previas en el uso de la realidad virtual y los juegos. Por consiguiente, mostraron un alto grado de atención hacia la calidad de la imagen y las técnicas de navegación utilizadas. Esta consideración resultó fundamental, dado que estos aspectos constituían elementos esenciales para la experiencia en cuestión, la cual fue abordada desde una perspectiva cualitativa de investigación.

Partiendo del modelo de entrevista socrática para evaluación cualitativa realizada de acuerdo con el método BLA (“Bipolar Laddering Assessment”), se determinaron como principales puntos positivos la facilidad del flujo de navegación y la presencia de riesgos. Por otro lado, la incomodidad y el mareo, así como el audio/sonido, fueron señalados como negativos.

Uno de los aspectos significativos recogidos en la aplicación del BLA a la muestra de usuarios del piloto, fue que, aunque pasaran por la sala de entrenamiento, todos los participantes manifestaron dificultad en la interacción con el entorno. De forma concreta, se identificó como problemático el uso del escudo, el cual, a veces incluso verbalizando el deseo de usarlo, no se activaba. Por lo tanto, en términos de usabilidad, el entorno no era satisfactorio, a lo cual se sumó el hecho de que hubo fuertes mareos, a partir de un corto tiempo de uso del entorno, aunque los usuarios percibían los movimientos como suaves. El mayor problema era girar la cabeza para producir un movimiento lateral.

Al salir del entorno virtual, uno de los participantes manifestó su escasa implicación con el mismo. El desarrollo de una narrativa más fuerte sería una buena solución para potenciar las emociones del usuario (Gorini et. al., 2010).

En cuanto a las señales, se pudo observar que los usuarios no les prestaban mucha atención. Durante la prueba, el 60% informó de su percepción de las señales, pero no expresó ninguna opinión o comportamiento en consonancia con ellas. Al final, al ser preguntados, ninguno de ellos se acordaba de todas ellas. Este resultado podría estar relacionado con una falta de narrativa fuerte, o bien como con la dificultad de los mecanismos que retenían la cognición más fuerte hacia ellos.

La Tabla 11 presenta los puntos sobresalientes identificados por los participantes, junto con el índice de mención correspondiente a cada punto. Los elementos comunes se refieren a aquellos citados por más de un individuo, mientras que los elementos particulares se refieren a los mencionados espontáneamente por un único participante (Villegas, 2019). La codificación usada es: elementos positivos comunes (PCx), positivos particulares (PPx), elementos negativos comunes (NCx) y negativos particulares (NPx).

Tabla 11. Valoración del SSMT

Ítem ID	Descripción	Usuario	Usuario	Usuario	Usuario	Usuario
		1	2	3	4	5
PC1	Facilidad de flujo de navegación	•	•	•	•	•
PC2	Presencia de riesgos (retos a superar)	•	•	•	•	•
PC3	Señalética	•	•			•
PP1	Movimientos/Feedback Suaves	•				
NC1	Molestias Cibernéticas	•	•	•	•	•
NC3	Audio/sonido	•	•	•	•	•
NC4	Dificultad en activar herramientas en los mandos	•	•	•	•	•
NC5	Entorno gráfico	•	•		•	•
NC6	Sala Entrenamiento	•	•			•
NC7	Narrativa		•		•	
NP3	Implicación con el entorno (Presencia)				•	

### 3.1.4 Conclusiones del estudio piloto

A partir de los resultados de la prueba piloto, se identificó la necesidad de rediseñar el entorno. Los puntos a los que deberíamos prestar especial atención serían:

- Molestias: habría que estudiar un cambio en la anchura del pasillo.
- Usabilidad: mejorar los mecanismos de funcionamiento de los mandos (por ejemplo, el escudo) y cambiar el audio.
- Compromiso del usuario: aumentar su presencia e implicación en el contexto, así como llamar su atención de forma subjetiva sobre la señalización.
- Sala de entrenamiento: reforzar la relación icónica de la sala de entrenamiento con el entorno, permitiendo a los usuarios incorporar a la experiencia los mecanismos allí entrenados.

## 3.2 Juego inmersivo formativo: el proceso creativo.

Los “*design jams*” consisten en debatir y resolver conjuntamente tareas de diseño durante un intervalo de tiempo determinado. Las personas seleccionadas para participar de las secciones deben ser activas y conocedoras del tema, y pueden incluir o no a futuros usuarios potenciales.

### 3.2.1 Design Jam

Se celebraron dos sesiones: una de exploración de temas (1) y otra de ideación (2). En la sesión 1, se analizaron los requisitos más relevantes y deseables del proyecto, además de realizar una evaluación DAFO de la situación actual de la propuesta. En la sesión 2, se generaron ideas mediante la definición de retos y el uso de técnicas de “*brainstorming*”. Previamente a las sesiones, se proporcionó a todos los participantes una hoja informativa que contextualizaba el contenido, los objetivos y los resultados esperados de las sesiones.

Los principales problemas que se plantearon a los participantes fueron:

- ¿Parece adecuado este entorno para evaluar el comportamiento de los usuarios frente a las señales de seguridad y peligro?
- ¿Cómo se puede mejorar el entorno para lograr un entrenamiento de riesgo y estrés sin perjudicar al usuario?

- ¿Cuál es la mejor forma de resolver los problemas de molestias cibernéticas diagnosticadas en la prueba piloto?

En cuanto a los participantes, se seleccionaron especialistas en gamificación, en imagen y visualización, tecnología para educación, seguridad laboral, en desarrollo 3D, usabilidad e interacción hombre-máquina. Cada sesión tuvo una duración de tres horas, con un intervalo de siete días entre ellas, y estaba conformada por seis participantes y un facilitador. La edad de los participantes varió entre 24 y 51 años ( $M= 42$ ,  $S.D=11.5$ )

Antes de comenzar las sesiones, los participantes fueron informados que todos los datos obtenidos serían anonimizados, de su derecho a retirarse de la sesión en cualquier momento, así como de dar su consentimiento para el uso de las informaciones obtenidas. Posteriormente, se contextualizó el objetivo del proyecto (el uso de las nuevas tecnologías para la prevención de riesgo laboral) y más concretamente de la sesión: (i) evaluar y mejorar la narrativa y usabilidad del sistema; (ii) evaluar la presentación de la señalización y de los diferentes riesgos expuestos; (iii) trabajar la problemática de los cibermareos en el entorno.

### 3.2.2 Datos recogidos y resultados

Uno de los puntos considerados más críticos en las sesiones fue la neutralidad del entorno. Esta característica fue señalada por poner perjudicar el nivel de presencia y la evaluación de la influencia de algunas características personales de los sujetos (accidente previo). Por ello, se procedió a analizar la posibilidad un cambio en el entorno para que el mismo estuviera más centrado en la narración, surgiendo la idea de recrear el entorno, dándole características de una oficina (añadiendo texturas, elementos e iluminación más de acuerdo con un espacio de trabajo).

Otro punto que habría que tener en cuenta sería los considerados ruidos del entorno para fines de esta investigación, a saber: los “karmas” y el elemento sonoro del caminar. En cuanto a las batidas que simulaban sonidos del caminar, debían ser eliminadas ya que el sonido repetitivo era más molesto que la similitud que se producía con la realidad (ni siempre se hace ruido al caminar, y “al ser siempre el mismo”, lo hace monótono). Se decidió no poner sonido para que el usuario se sintiera más libre de expresar sus opiniones y dudas mientras estaba inmerso en el entorno.

Con relación a los personajes, en consideración a la finalidad educativa del entorno, los participantes se enfocaron en la relevancia de mantener la experiencia en primera persona. Con el objetivo de otorgar al usuario un mayor control sobre sus acciones, se habilitó la visualización de las manos del usuario. Asimismo, con el propósito de fortalecer la narrativa, se planteó la posibilidad de cubrir las manos con una protección (guante), ya que la tarea consistía en atravesar una oficina donde se había producido un accidente.

Para el desarrollo de la experiencia, optamos por centrarnos en el reconocimiento. Teniendo en cuenta los sistemas de puntuación (“*budget*”/medallas; puntos y clasificación), se seleccionó el sistema basado en puntos por ser visual y comparativamente uno de los más eficientes. Los “karmas” deberían ser sustituidos por elementos que dieran al jugador un tiempo extra (es decir, continuar con la estrategia de conquista personal, pero cambiando la recompensa por algo más funcional).

En cuanto, a la sala de entrenamiento, los participantes destacaron como importante aumentar la relación de esta con el entorno principal, generando un mayor grado de conexión entre ambos. Así que debería tener las mismas características que el entorno (paredes y suelos). También se concluyó que debieran tener una conexión directa, de forma que la sala de entrenamiento debería sumarse al entorno, es decir, sería como uno pasillo añadido al mismo.

El equipo de diseño finalmente también realizó un cambio funcional modificando el contador de tiempo por algo más integrado en el entorno. Este proceso se acabó materializando en una información no intrusiva mediante contadores de neón pegados en las paredes del laberinto a lo largo del recorrido.

### 3.2.3 Conclusiones y requisitos

Basándonos en los resultados de “*Design jam*”, identificamos como requisitos incrementales para el nuevo entorno:

- Recrear el nivel de la oficina (con texturas, activos e iluminación).
- Rehacer el camino del usuario hacia la meta.
- Preparar varios tipos de trampas.
- Dotar al usuario de nuevas habilidades (correr, activar extintor de incendio).

- Preparar señales de advertencia con diferentes propiedades (que sean visibles sólo cuando se elija, borrosas, nítidas, con o sin LED intermitente).

### 3.3 Creación del juego inmersivo formativo

A partir de los requisitos obtenidos en el estudio piloto de las sesiones de “design jam” y análisis, se procedió al rediseño del entorno virtual. Teniendo en cuenta que la gamificación es una técnica utilizada para incentivar determinados comportamientos a través de la aplicación de mecánicas de juegos para su uso, lo primero a realizar es identificar los procesos o actividades que se desea incentivar. Para el contexto de esta investigación se buscaba evaluar el comportamiento del usuario ante las señales de riesgos y los diferentes niveles de peligro, por lo que nos centramos en incentivar su comportamiento natural en un entorno que le ofrecieran algún peligro/riesgo/pérdida. Los usuarios del juego, por lo tanto, serían la población en edad de trabajar, esto es entre 18 y 65 años (INE,2022).

El siguiente paso es aplicar las mecánicas de juegos más adecuadas para aumentar la motivación intrínseca de nuestra audiencia objetiva que, en nuestro caso, se centró en retos, recompensas y “*feedback*”.

Para la implementación de los cambios planteados procedimos a migrar el entorno a una nueva plataforma en vista de diversos problemas de programación y actualización. Nuestro principal objetivo era recrear el entorno desarrollado anteriormente, ahora utilizando en software Unreal Engine 4, potenciando su expansión y haciéndolo visualmente más atractivo para el usuario. El motor elegido ya había sido previamente utilizado en proyectos de investigación del grupo de trabajo, partiendo de configuraciones de acciones del usuario previamente programadas (Fonseca et al., 2021b; Redondo et al., 2020; Calvo et al., 2018).

#### 3.3.1 Elección del motor de juego: Unity vs. Unreal

Actualmente, los dos softwares más populares para el desarrollo de juegos 3D son Unity y Unreal. En este punto, para nuestra investigación Unreal Engine 4 presentaba dos importantes ventajas sobre Unity: mejores gráficos (y por esa razón se usa ampliamente para la visualización arquitectónica) y métodos de codificación más sencillos, puesto que además de la codificación en C++, también lo hace a través de “*blueprints*” (Fonseca et al., 2021a).

El entorno se preparó para ser utilizado fácilmente con o sin cascos de realidad virtual inmersiva, y utilizando la configuración de teclado, teclado + ratón, o “joystick” para locomoción, como se muestra en la Figura 21.

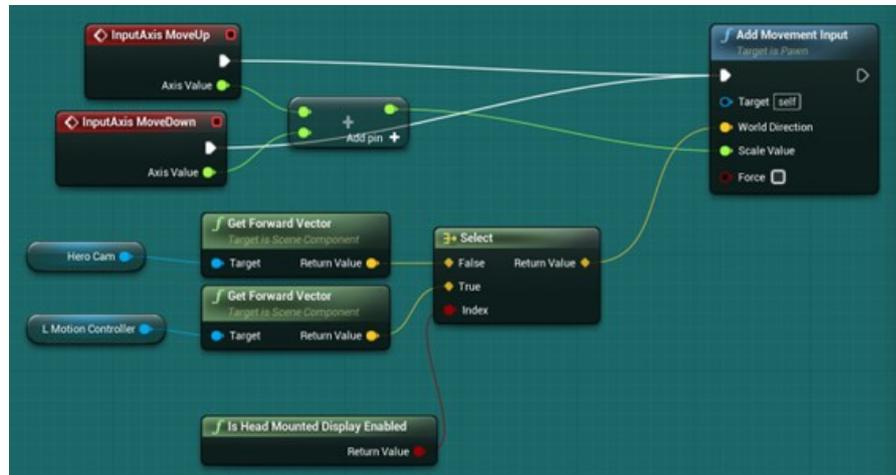


Figura 21. Configuración para flexibilidad del entorno. Fuente: Fonseca et al., 2021.

### 3.3.2 El entorno virtual

Para aumentar la implicación del sujeto, se desarrolló un escenario similar al de una oficina: paredes semejantes a tabiques (de color morado con borde) y suelo con pisos de mármol vinílico (morado, gris y negro siendo uno color distinto por cada sección), como puede verse en la Figura 22. Además, se añadieron elementos que se pueden encontrar en las oficinas (fotocopiadora, estantería, máquina de café y agua)



Figura 22. Elementos con características similar a oficina. Fuente: Fonseca et al., 2021.

El escenario se compone de dos zonas: un pasillo de entrenamiento y una sala principal. En cuanto al movimiento del personaje en respuesta a la acción del jugador, se destacan tres tipos de técnicas:

- El teletransporte: se produce mediante el traslado instantáneo del jugador al lugar elegido. Este movimiento elimina el mareo y reduce la preocupación por la preparación de un movimiento suave (Fonseca et al., 2021a) Sin embargo, introduce el efecto desorientador de cambiar de posición sin continuidad de movimiento, interfiriendo en la sensación de espacio del usuario (Habgood et al., 2018).
- El uso del mando: el personaje se mueve poco a poco hasta alcanzar una velocidad límite. Cuando el usuario deja de presionar el mando, el personaje disminuye su velocidad hasta detenerse. Este es el sistema más propenso a generar mareos, debido al lapso de tiempo que transcurre desde la orden del usuario hasta la respuesta del personaje.
- La velocidad lineal: es el método más sencillo y en que mejor resultado da con la problemática del mareo. La locomoción se produce en el momento en que el usuario pulsa el botón para moverse, con una velocidad constante, sin aceleración ni inercia (Habgood et al., 2018). Por los motivos indicados ha sido el sistema utilizado en la programación de nuestra aplicación.

### 3.3.3 La narrativa

El entorno simula una oficina en la que se ha producido un accidente. En las paredes se colocaron texturas similares a las de los tabiques. Todos los peligros seleccionados debían poder producirse en una oficina: por ejemplo, un cortocircuito provocado por una fuente de agua cerca de un enchufe. La tarea del sujeto consistía en reconocer los riesgos y peligros que allí se encontraban. Cuando localizaba uno, debía activar el control. Si lo hacía, ganaba bonos/puntos. Tal función se prestaba con el fin de aumentar la presencia. Así, la forma de las bonificaciones por aciertos y desaciertos era mediante ganancia o pérdida de puntos. Para notificar al jugador sobre el tiempo ganado por recompensa, se utilizó el efecto de partícula “*cascade*” de UE4 para crear una explosión color verde de “+10”, como se puede ver en la Figura 23.

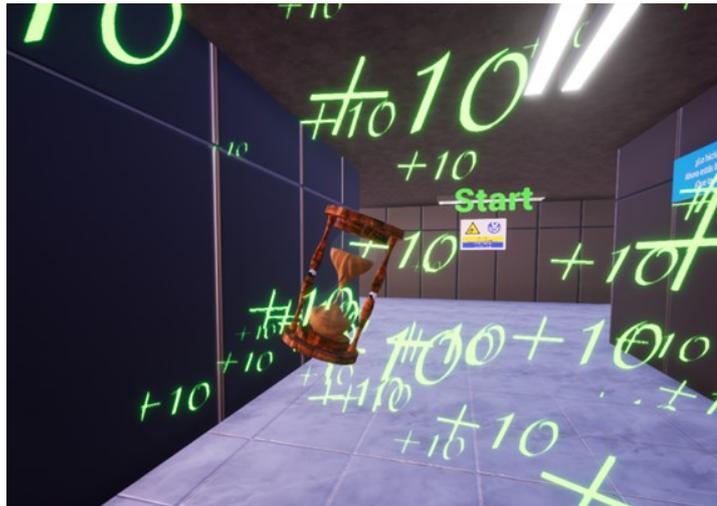


Figura 23. *Feedback* recompensa de tiempo ganado. Fuente: Fonseca et al., 2021.

### 3.3.4 Las señales y los riesgos

Las señales seguían siendo básicamente las mismas que en el entorno anterior. Así, teníamos los carteles estáticos (aplicación de la textura del cartel); los dinámicos con LEDs parpadeantes y los inteligentes (que sólo aparecían cuando era necesarios). Para su programación tuvimos en cuenta que debían ser invisible al jugador, hasta llegar a un umbral, donde se harían visibles para el mismo.

Además, algunas placas se presentaban borrosas. Esto se hizo para aumentar la sensación de peligro, ambiente insalubre, con el humo/niebla del incidente ocurrido. Además de evaluar las variables con y sin esa realidad. Para la contextualización, la señalización se colocó cerca de los peligros (Figura 24).



Figura 24. Riesgos y señalización. Fuente: la autora.

### 3.3.5 Sala de entrenamiento

El pasillo está situado al principio del escenario (Figura 25) y tiene una doble función: transmitir una historia de fondo y familiarizar a los sujetos con el entorno y sus funcionalidades (controles y teclados, por ejemplo). Por lo tanto, se compone de suelo, techo y paredes iguales que la sala principal. Hay carteles que informan de un incidente en la oficina, de los comandos necesarios para la navegación, de la tarea del sujeto para atravesar el entorno en menos tiempo y de la posibilidad de resolver un peligro evidente (eliminar el fuego).



Figura 25. Sala de entrenamiento y entorno principal al final. Fuente: Cavalcanti et al., 2021.

Las señales del pasillo (Tabla 12) están dotadas de programación, lo que permite una acción del usuario (por ejemplo, el usuario puede recoger el reloj de tiempo) y la adaptación al uso con mando a distancia o con teclado. Están dispuestas en el siguiente orden:

- a) Introducción: informa de la ocurrencia de un incidente. Pretende aumentar la implicación del sujeto justificando la presencia de los riesgos inminentes en el escenario.
- b) Entrenamiento: describe la tarea. Pretende informar al usuario de su tarea en el juego (cruzar el pasillo lo más rápido posible) sin presentar directamente el objetivo del experimento.
- c) Reloj: presenta el cronómetro e informa que hay un tiempo máximo para acabar la prueba.

- d) Reloj Tiempo: muestra un elemento que le dará más tiempo en la prueba. Su finalidad es doble, por un lado, informar del tiempo que permite terminar la prueba y, por otro, observar la personalidad del sujeto ante el riesgo.
  - e) Velocidad: presenta la instrucción de cómo moverse con más velocidad. Nos ayudará a evaluar el comportamiento del sujeto ante las señales y los riesgos eminentes (si reduce la velocidad, si va más rápido ...).
  - f) Tiempo de Juego: orienta que al tocar un peligro el tiempo de juego se reducirá. Pretende añadir una pérdida resultante del peligro, al igual que los peligros generan pérdidas en un entorno real.
  - g) Extintor: indica al usuario la posibilidad que elija con el “*trackpad*” el tipo de extintor adecuado al fuego.
  - h) Final: advierte al usuario que la familiarización ha terminado y la evaluación comenzará.
- Después de probar los comandos, el sujeto entrará en el entorno de prueba.

Tabla 12. Ejemplos de tipos de señales

Tipo de Señal	Mensaje
Introducción	Buenos días. Se produjo un incidente en nuestra oficina. Rogamos que estén atentos a los posibles riesgos.
Entrenamiento	Tu tarea: Cruzar el laberinto en menos tiempo
Reloj	Los relojes te enseñan cuanto tiempo te resta para terminar la tarea
Reloj Tiempo	Para conseguir más tiempo acércate del reloj de tiempo
Velocidad	Para ir más rápido deberás presionar el Trigger del Vive Pruébalo 
Tiempo de Juego	Los peligros te roban el tiempo de juego
Extintor	Podrás activar extintor de incendios usando el Trackpad 
Final	¡¡Lo hiciste genial!! Ahora estás listo para jugar ¡Que te vaya bien!

### 3.3.6 Laberinto

El entorno se configura en un laberinto con tres salas consecutivas de igual configuración y mismos peligros. Para garantizar que el sujeto pase por todas las señales (condiciones experimentales), el laberinto es simétrico, si elige la derecha o la izquierda pasará por iguales riesgos e iguales señales (Figura 26). Además, está dotado de una programación que impide que el jugador elija el mismo tramo (aparecen paredes que no les permite volver a la misma sección y repetir los objetos experimentales).

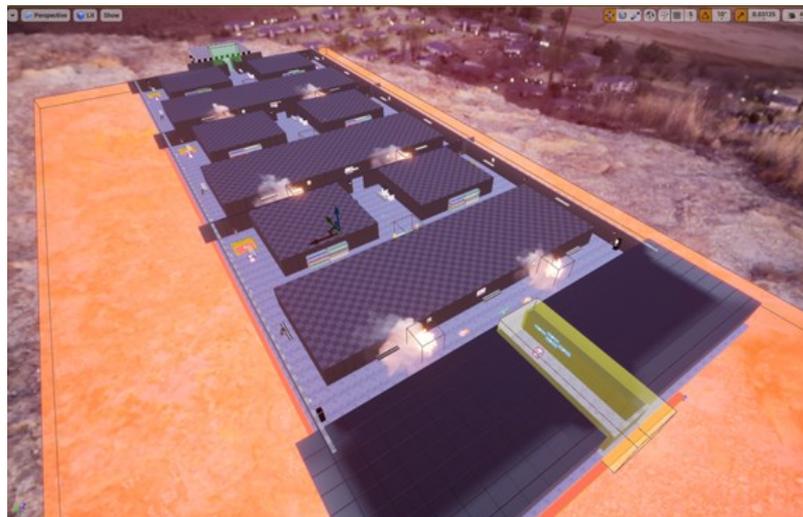


Figura 26. Vista superior del entorno. Fuente: la autora.

El suelo y las paredes son los mismos que en la antesala, pero el color se cambia por tramos, de forma discreta (respectando la armonía del entorno), y al mismo tiempo perceptible (para que el usuario sepa que va a cambiar de tramo). El movimiento se realiza a través del mando a distancia del casco.

### 3.3.7 Usabilidad de inspección

La usabilidad de inspección es una evaluación heurística realizada con especialistas, basada en sus habilidades, experiencias, y conocimientos prácticos (Nielsen, 1994). Considerando el tamaño de muestra validado por la literatura, que varía de tres a cinco especialistas (Jeffris & Desurvire, 1992; Nasi et al., 2022), así como el cuidado con la eficiencia del proyecto de investigación, invitamos a tres especialistas en usabilidad (uno en juegos, otro

en visualización arquitectónica y otro en entornos virtuales). Dos participantes eran mujeres y uno era un hombre. Las edades eran de 40, 42 y 48 años con una media de 42 y una desviación estándar de 4.1.

Para nuestra evaluación observamos la percepción y la obediencia de los usuarios a las señales distribuidas a lo largo del recorrido. Utilizamos la técnica de “*think-aloud*”, es decir, los usuarios debían expresar sus pensamientos y acciones sin explicar sus comportamientos. De este modo, obtuvimos las opiniones de los especialistas sin distraerlos de su tarea (Young, et. al., 2013). La prueba se realizó en el IoTiCat en la Universitat La Salle - Ramón Llull. Posteriormente, se procedió a la transcripción de los diálogos de los participantes, seguido de un proceso de extracción en dos fases con el fin de identificar las principales conclusiones derivadas de esta prueba de usabilidad.

### 3.3.8 Resultados y discusión

Los aspectos evaluados y considerados importantes por los participantes fueron agrupados en cuatro categorías distintas, en función de sus respectivas fuerzas motrices, es decir, los motivos que los impulsan. Dichas categorías eran:

- Categoría 1 (C.1) - Sala de entrenamiento: en esta categoría, se comprobó la capacidad de lograr su objetivo o **funcionalidad**, es decir, si permitía familiarizar al participante con la tecnología y los mecanismos a utilizar, y si reducía el ruido que podría afectar los experimentos en el momento inicial. Además, se consideró si la sala tenía características que contribuyeran a mejorar la sensación de **continuidad** en el proceso.
- Categoría 2 (C.2) - Señalización: en este grupo, se revisaron varios aspectos, incluyendo si las señalizaciones eran **perceptibles** por los usuarios y si eran visibles. También se consideró si las señalizaciones eran **comprensibles** y si reflejaban comportamientos de **obediencia**.
- Categoría 3 (C.3) - Usabilidad del sistema: en esta esfera, se analizó la experiencia de los usuarios en términos de **incomodidad cibernética** y el grado de agradabilidad del juego. Se evaluó la **interacción** del usuario con los elementos del juego, en relación con la facilidad de uso para realizar las tareas sin dificultades en comprender cómo usar el sistema o recordar los comandos. Además, se verificó la

**respuesta del sistema** para asegurar que el funcionamiento y las respuestas fueran satisfactorias.

- Categoría 4 (C.4) - Eficacia como VRSG: esta categoría se enfocó en evaluar la capacidad de la **narrativa** para generar implicación emocional en los participantes y si se percibieron los diferentes grados de peligro presentados. También se consideró la **presencia** y verosimilitud del entorno virtual, es decir, si era capaz de generar emociones y una experiencia inmersiva. Por último, se analizó el nivel de engagement, es decir, si el juego lograba involucrar al jugador generando **compromiso** y respuestas conductuales coherentes con los elementos presentados.

La Tabla 13 presenta un resumen de las categorías, así como los puntos evaluados y algunos apartados de los comentarios de los participantes.

Ninguno de los participantes presentó molestias cibernéticas. Los usuarios se sintieron cómodos explorando el entorno y todos mencionaron la señalización. En particular, las dos participantes femeninas mostraron mayor grado de obediencia a las señales, mientras que el participante masculino demostró alta percepción, aunque no necesariamente de obediencia. No se encontró ninguna dificultad para manejar los controles. A todos los participantes les pareció adecuada la narrativa.

Tabla 13. Inspección de usabilidad con expertos y comentarios más relevantes en cada categoría

Descripción	Experto 1	Experto 2	Experto 3
<b>C.1 Sala de entrenamiento</b>			
Funcionalidad	Permite comprender la metáfora de uso del juego”	Permite familiarizarse con las acciones a realizar	Es capaz de permitir entrenar los comandos antes de hacer las tareas.
Continuidad	Muy fluido	Es posible identificar similitudes	Apto a proporcionar una transición espontánea al entorno.
<b>C.2 Señalética</b>			
Percepción	Puede ayudar a diferenciar tipos de perfil de usuario	No requiere esfuerzo por parte del usuario	La gamificación puede perjudicar la percepción de la señal.
Comprensión	Es capaz de ser entendida por diferentes perfiles	Permite agilidad de las acciones	No genera dudas
Obediencia	Puede ayudar el usuario a una respuesta conductual	Es capaz de ayudar al conocimiento del tipo de perfil de usuario	Es capaz de mejorar el conocimiento del usuario
<b>C.3 Usabilidad del Sistema</b>			
Ciber molestia	Cumple los requisitos	No sentí	Creo que la gente no tendrá
Interacciones	Muy buena interacción	Intuitivo	Permite ejecutar los comandos sin esfuerzo de memoria
Sensibilidad / Respuesta del sistema	Fácil de utilizar	Muy ágil	Es capaz de no producir molestias
<b>C.4 Validez como VRSG</b>			
Narrativa	El participante estará más inclinado a observar y obedecer las señaléticas	Mejora la implicación/empatía del participante	Puede ayudar a potenciar las señales de seguridad
Presencia	Puede generar miedo y similitud con un entorno del peligro	Puede hacer que el participante se sienta en un momento de peligro sin causarle daño	Elimina los ruidos u distractores
Compromiso	Es capaz de ser una herramienta eficiente	Es capaz de provocar comportamiento en el participante	Puede enganchar el participante

### 3.4 Conclusiones sobre el desarrollo del juego inmersivo

Este capítulo ha presentado el proceso de evaluación del entorno virtual inicial (SSMT) y la posterior creación de un juego inmersivo serio (*Game for Safety*) que permitiera suplir las carencias del entorno inicial.

El SSMT era un entorno flexible diseñado para su utilización en diversas líneas de investigación. Sin embargo, nuestra investigación se enfoca en la emoción del estrés y una alta carga cognitiva, lo cual hizo evidente que la ausencia de una narrativa sólida con atributos estimulantes para dichas emociones, lo que resultó en una mala aceptación del SSMT por parte de los usuarios expertos que evaluaron el entorno.

En comparación el entorno SSMT, el nuevo juego formativo inmersivo (*Game for Safety*) incorpora un mayor atractivo narrativo y emocional. Se han mejorado la apariencia general del laberinto, los peligros y los riesgos, con el fin de promover una experiencia más natural y, en consecuencia, generar comportamientos más espontáneos.

El nuevo entorno también introduce más tareas relacionadas con el tema de los riesgos laborales, y permite evaluar la atención del usuario dentro del propio entorno con un estado cognitivo denso, y la emoción.

Una premisa básica para la construcción del juego fue que éste debía ser flexible/adaptable a los deseos del usuario, ya que fomentamos el paradigma del aprender haciendo. De esa forma, el usuario debía tener autonomía para explorar el entorno y ejecutar las acciones, pero tenía el reto de salir de él lo antes posible. Por otro lado, para que la experiencia tuviera éxito, debía respetarse el desarrollo de los acontecimientos. Por lo tanto, se buscó un equilibrio entre la sensación de libertad del usuario y las tareas que debían ejecutar.

## Capítulo 4: *Game for Safety: un enfoque mixto*

En el presente capítulo, vamos a describir las características del sistema desarrollado y las implicaciones del uso del mismo, evaluando cómo los usuarios lo utilizan y las decisiones que toman. No obstante, y de forma relevante para la presente tesis, en el proceso de implementación del desarrollo con usuarios de la plataforma virtual, la aparición de la pandemia por Covid-19 y sus derivadas impactaron significativamente en dicho proceso, siendo necesarios incluso cambios en las rutinas de uso del sistema, así como en las evaluaciones con los usuarios. Así, aunque el objetivo de esa fase era evaluar la experiencia del usuario en el juego virtual inmersivo (*Game for Safety*) utilizando el casco de VR, nos vimos obligados a preparar el entorno para un uso flexible con las siguientes configuraciones: con o sin cascos; con teclado; teclado y ratón o control joystick; en primera o tercera persona; inmersivo o versión escritorio. De esta forma el entorno se preparó y amplió para cumplir cualquier protocolo de seguridad y uso más flexible.

Dichas incorporaciones, derivadas de la necesidad de un entorno más seguro a nivel de experiencia de uso postpandemia, conllevó un retraso en el periodo de pruebas, que incluso permitió finalmente una experiencia de uso con el casco de realidad virtual previsto, sin necesidad de trabajar con entornos u opciones alternativas, y tan solo, asegurando las condiciones de higiene de los dispositivos entre las interacciones de usuario a usuario.

Nuestro reto, en dicho momento temporal de la tesis, fue descubrir cómo las cualidades del sistema, las implicaciones de uso y los valores personales están conectados con la mente del individuo. Por lo tanto, como se expone en el capítulo 2, utilizamos un enfoque cualitativo basado en el método cualitativo de evaluación bipolar (BLA, "*Bipolar Laddering Assessment*") que adquiere información no solo de la observación de los comportamientos de los usuarios, sino también de los propios usuarios (Redondo et al., 2016). Definido como una técnica de exploración psicológica, el BLA pretende identificar los factores críticos de cualquier

experiencia de usuario y cómo se relacionan en la mente del individuo (Pifarré et al., 2009). Así pues, haciendo uso de este método, pretendemos responder las siguientes preguntas:

- P1: ¿Qué variables de advertencia podrían atraer más atención y generar un mayor nivel de recuerdo?
- P2: ¿Es posible que las variables de una señal (por ejemplo, color, dinámica, estática, inteligente) modifiquen su eficacia?
- P3: ¿Serían las señales inteligentes una herramienta eficaz para minimizar los efectos de la contaminación visual?

Tales preguntas permiten ahondar en la validez o refutación de nuestra hipótesis de que el uso de variables tecnológicas para entrenar la eficiencia de la señalización de seguridad, pueden mejorar la percepción de dichos mensajes pictográficas en un entorno estresante (H2), como se menciona en el capítulo 1. Además, las respuestas a estas preguntas nos ayudarán a alcanzar nuestro objetivo establecido en el capítulo 1, centrado en identificar los modelos y variables de señalización y transmisión de información que permitan una toma de decisiones óptima y eficaz en situaciones de riesgo o estrés (O.2).

El *Game for Safety* fue desarrollado en *Unreal* (capítulo 3) y permite extraer información del usuario y mejorar el aprendizaje. Consiste en un laberinto donde los jugadores realizan su tarea mientras se registra su desempeño. Como estrategia de gamificación tiene la conquista personal a través de obtención de puntos. Para demostrar qué aspectos generan mejor interacción, experiencia, percepción y memoria, se presentaron tres configuraciones diferentes de señalización (dinámica, estática, e inteligentes) y dos niveles distintos de peligro (bajo y alto).

Con el propósito de evaluar el impacto de la experiencia y lograr una comprensión integral y completa de los resultados, se adoptó un enfoque mixto de investigación que combinó el enfoque cualitativo mencionado anteriormente (BLA), con instrumentos cuantitativos utilizados tanto antes como después de la inmersión. Estas herramientas fueron validadas a través de un proceso Delphi por tres expertos en usabilidad y accesibilidad. Los instrumentos abarcaron variables personales basadas en datos etnográficos, así como indicadores relacionados con el uso, usabilidad y satisfacción.

Además del uso de estas herramientas cuantitativas, al finalizar la inmersión, se llevaron a cabo sesiones individuales BLA para obtener información cualitativa adicional. Los datos obtenidos del enfoque cualitativo se compararon con los registros recopilados durante la

interacción con el juego. Esta comparación permitió identificar los puntos fuertes y débiles del entorno, evaluar la efectividad de la señalización utilizada y analizar la implementación de la estrategia de gamificación empleada. Los datos obtenidos fueron fundamentales para resolver los problemas identificados y mejorar el entorno final.

La evaluación mixta se llevó a cabo con profesionales de reconocida experiencia en el ámbito de la formación/enseñanza de la arquitectura y la ingeniería. Para formar parte de la muestra, los participantes debían cumplir con una serie de requisitos que exponemos en el apartado 4.2 del estudio.

Antes de comenzar las pruebas con la muestra final, se realizaron dos pruebas piloto del entorno con participantes de perfiles similares a los de los sujetos incluidos en la muestra final, es decir, profesionales experimentados en el ámbito de la formación/enseñanza de la arquitectura y la ingeniería. Estas pruebas piloto tuvieron la misma configuración, explicación y entorno que los pases posteriores a la inmersión, y se realizaron dentro del laboratorio de La Salle. En otras palabras, se replicaron condiciones similares a las de los experimentos con dos usuarios que no formaron parte de la muestra final. Tras superar con éxito las pruebas piloto del laboratorio, se procedió a la experimentación con los propios usuarios incluidos en la muestra final del estudio.

Este capítulo está organizado de la siguiente estructura: primero presentamos los métodos y materiales utilizados (punto 4.1); luego describimos la selección de los participantes y sus perfiles (4.2); a continuación revisamos el entorno virtual (4.3) puesto que ya fue expuesto con más detalles en el capítulo 3 de esta tesis; a continuación explicaremos el protocolo experimental y cómo lo adaptamos al protocolo sanitario vigente en ese momento sin afectar/contaminar los resultados de la tesis (4.4), continuamos con los resultados (4.5) y finalmente abordamos las conclusiones (4.6) resultantes de esa etapa del estudio.

## 4.1 Métodos y materiales

Siguiendo la metodología de la investigación de trabajar el diseño centrado en el usuario, se evaluó la experiencia del individuo teniendo en cuenta medidas de comportamiento (atención, rendimiento, errores y capacidad de aprendizaje) y de satisfacción (en este caso vinculados a la evaluación cualitativa y a las respuestas subjetivas tras la interacción), como se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Resumen de métricas

Medidas Dependientes	Fase	Herramientas de Investigación
Intención de comportamiento	Pre-Test	Encuestas
Tiempo de Percepción; Respuesta; Tiempo de Reacción; Comportamiento; Obediencia; Precisión; Atención Selectiva y Atención Dividida	Durante el juego	Dados de Navegación, Reacciones físicas, Evidencia conductual
Memoria; Calificaciones de Percepción; Propiedad; Satisfacción	Post-inmersión	Encuestas; Bipolar laddering (Escalamiento Bipolar)

La experiencia consistió en probar el *Game for Safety*. Para ello, los usuarios debían atravesar una oficina virtual en la que acababa de producirse un accidente, actuando ante la señalización y los riesgos (escapar o resolver). La tarea explícita era recorrer el camino desde el punto inicial hasta el punto final en el menor tiempo posible. Se les informaba de que podían eliminar el fuego, pero esa acción no era una tarea obligatoria. Al mismo tiempo, no se informó a los jugadores de que debían prestar atención a la señalización.

Antes de la inmersión, se recogieron datos y características demográficas para descartar a los individuos que pudieran comprometer de algún modo los resultados. Además, se obtuvieron datos sobre rasgos de comportamiento, como la intención y el cumplimiento. Esta línea de base aclaró cuándo las variables de señalización podrían potenciar el comportamiento del usuario y cuándo el aumento de esta acción es el resultado de una propensión individual.

Una vez acabada la experiencia inmersiva se aplicó un cuestionario de retención en el que los participantes asignaron las señales que habían encontrado en el entorno. Más adelante exploraremos este tema.

#### 4.1.1 Equipos

Para la selección de los equipos a utilizar, teníamos en mente dos premisas:

1. El sistema de dispositivos debía ser fácil de implantar y utilizar en cualquier sitio y debería ser asequible y familiar.
2. Los dispositivos tecnológicos debían contar con sistemas de seguimiento móvil y un alto grado de precisión para la reproducción de los estímulos y promover así un alto grado de presencia.

Por lo tanto, y basándonos en la literatura, optamos por el uso de sensores de tipo cascos de RV. En el caso concreto de nuestra investigación, utilizamos el modelo HTC Vive ya que está diseñado para rastrear el movimiento libremente y con alta precisión en un espacio de 4 m x 4 m (Cavalcanti et al., 2021) y es compatible tanto con *Unity* como con *Unreal*, siendo ese último, como se ha comentado anteriormente, el motor utilizado. El sistema está compuesto por dos controladores y dos estaciones base que emiten señales infrarrojas de 60 Hz y proporcionan una precisión de seguimiento milimétrico para los cascos y los controles (Niehorster et al., 2017).

Cuentan con dos paneles OLED cada uno, con una resolución de 1080 x 1200 píxeles por ojo que se actualizan a 90 Hz. Cubren un barrido de láser de 120° en cada dirección y tiene una masa de 470g, además de detección de incidencia, giroscopio, proximidad, mando a distancia con autonomía para 6 horas de uso y sensores de seguimiento.

El movimiento del personaje es lineal, ya que es el método más sencillo y reduce las molestias cibernéticas. Consiste en moverse en cuanto se pulsa el botón (para más detalle véase el capítulo 3).

## 4.2 Participantes

Para definir el tamaño de la muestra se tuvo en cuenta el principio de saturación (Olander et al., 2017) que define hasta qué punto la recopilación de datos proporciona nueva información en cuanto al entorno y de la muestra. El objetivo de la investigación era conocer en profundidad las percepciones de los usuarios y obtener una mayor precisión en la descripción. Un gran tamaño de la muestra puede conducir a la repetición de la información y dar lugar a la ineficiencia del proceso. Por otra parte, las acciones de los usuarios tienen una relevancia fundamental para el estudio. Por lo tanto, se prestó especial atención a la selección de una muestra activa y experta de profesionales reputados.

La muestra se seleccionó teniendo en cuenta el equilibrio entre género y perfil tecnológico. Así, se invitó a igual número de hombres y mujeres para evitar la interferencia del género en los datos, bien como expertos y usuarios no frecuentes de tecnologías inmersivas y 3D. El periodo de las sesiones fue desde el 03 hasta 15 de marzo de 2021, y tuvieron lugar en

el laboratorio del grupo GRETEL (Group of Research on Technology Enhanced Learning), ubicado en el IOTICAT de La Salle, Universitat Ramon Llull en Barcelona.

Así pues, la muestra estuvo compuesta por 10 voluntarios (5 hombres y 5 mujeres), todos ellos especialistas en formación de arquitectura o ingeniería, y actualmente activos en el campo del control de obras, instalaciones y construcción. Cada uno de los participantes tenía una trayectoria profesional destacada, con un mínimo de 5 años de experiencia laboral en el ejercicio activo de su especialidad. Todos ellos aceptaron colaborar con el estudio y aprobaron y firmaron el formulario de consentimiento para la investigación. El 20% de la muestra no había utilizado nunca cascos de realidad virtual, mientras que el 80% había utilizado alguna vez esa tecnología. Todos declararon estar física y mentalmente aptos para participar en el experimento, no eran daltónicos y tenían edad entre 31 y 65 años como puede verse en la Figura 27.

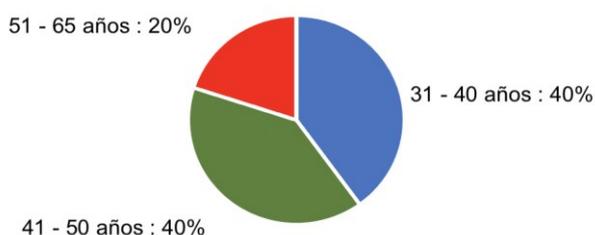


Figura 27. Porcentaje de edad de los participantes. Fuente: la autora.

En cuanto a la experiencia de juegos y tecnología para la educación, el 20% de la muestra son jugadores corrientes. La tecnología 3D se utiliza a menudo por motivos profesionales (como puede verse en la Figura 28) pero para 20% de la muestra era la primera vez que utilizaba cascos de Realidad Virtual.

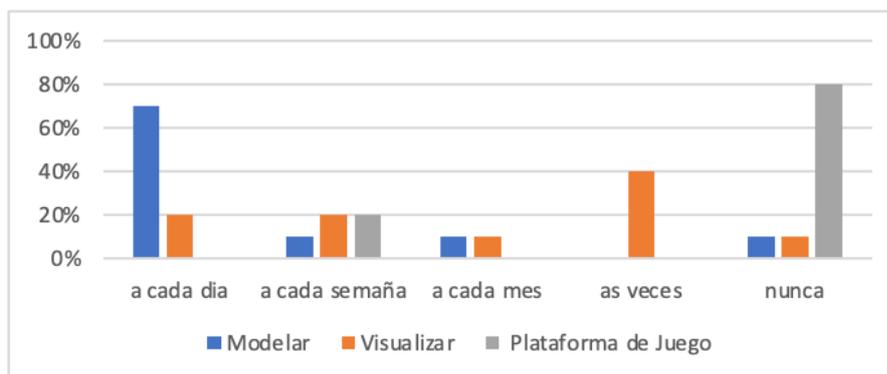


Figura 28. Gráfico de frecuencia de uso de tecnología 3D y su finalidad. Fuente: la autora.

### 4.3 El entorno virtual

Como se ha comentado en el capítulo anterior, para aumentar la implicación del usuario se diseñó un entorno virtual inmersivo gamificado por un equipo multifuncional. Basándonos en los datos obtenidos en la revisión bibliográfica (capítulo 2) que señalaba que la excitación emocional (especialmente las emociones negativas) afectan positivamente a la retención y la presencia (Bouchard et al., 2008; Chittaro & Ranon, 2009; Peperkorn et al., 2015), buscamos crear una atmósfera incómoda al usuario. Al mismo tiempo, pretendíamos prevenir en parte la incomodidad de los usuarios para evitar la disminución de rendimiento en las tareas difíciles (Won et al., 2016). El entorno estaba compuesto por una sola entrada y una salida, incluyendo la sala de entrenamiento, donde el usuario podía elegir qué pasillos seguir. El laberinto era simétrico para que, independiente del camino que se eligiera, el usuario se encontrará con los mismos peligros y señalizaciones. Con ello buscábamos empoderar al participante sobre el entorno, fomentando su poder de decisión y aumentando también la sensación de causa-consecuencia. Al mismo tiempo, también buscamos inducir cierta desorientación sin que se produjera un malestar físico. Esto también nos permitió evaluar el comportamiento del jugador al recibir diferentes tipos de información.

La aplicación se basa en un marco que implica en los siguientes elementos del juego (Werban & Hunter, 2015):

- Dinámicas: la narrativa contextual comunicada a través del mensaje oral y los posters previos a la inmersión.
- Mecánicas: el reto de cruzar el laberinto en el menor tiempo generaba compromiso.
- Componentes: las informaciones específicas de las mecánicas y dinámicas. En nuestro entorno utilizamos efectos de partículas para mostrar el tiempo extra obtenido por el usuario durante el juego.

El laberinto representado en la Figura 29 consta de elementos que remiten a una oficina (tabiques y suelo de vinílico; máquina de café y agua, fotocopiadora) con secciones delimitados por apartados, donde cada sector tiene un color diferente (morado, gris y negro). Los usuarios tienen total libertad para actuar como elijan, y como se mencionó anteriormente, el personaje tiene un movimiento lineal.

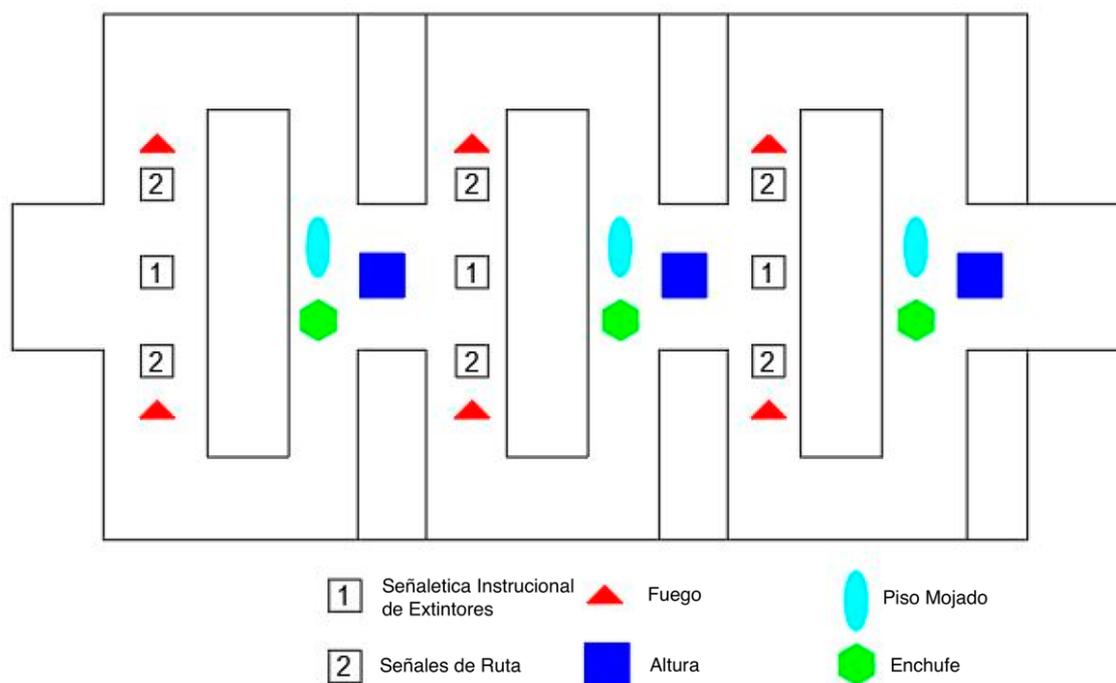


Figura 29. Disposición de los riesgos y señaléticas en el laberinto principal. Fuente: Cavalcanti et al., 2021.

La primera acción inmersiva del participante consistió un entrenamiento en el que debían realizar tareas de navegación para eliminar cualquier estrés o ansiedad, contextualizarse visualmente y familiarizarse con la tecnología adoptada. Se diseñó una sala de entrenamiento específicamente con este propósito, y se colocaron señales para advertir sobre posibles accidentes, así como proporcionar las instrucciones necesarias para llevar a cabo la tarea de navegación.

Tras probar los comandos, el usuario cruzaba la palabra “START” al final del pasillo y entraba en el laberinto principal, que estaba compuesto de tres zonas con las mismas configuraciones y los mismos riesgos, pero con diferentes variables de señalización en los puntos que requerían una elección de caminos. Las señales se colocaron cerca del riesgo en cuestión (para alertar al usuario) o en puntos estratégicos (los paneles educativos y de ruta). El usuario no era consciente de que, independientemente de la elección entre la derecha o la izquierda, enfrentaría las mismas condiciones experimentales y riesgo. Se incluyó una programación para añadir muros que bloqueaban al participante de volver a la misma sesión, apareciendo de manera imperceptible para el jugador.

*Game for Safety* permite al usuario ejecutar acciones mientras se presentan las señales y los peligros (Figura 30). Como se ha detallado en el capítulo anterior, las variables de señalización presentadas son: estáticas, dinámicas e inteligentes.



Figura 30. Ejemplo de peligros presentes en el entorno. Fuente: la autora.

Las condiciones experimentales se crearon en base a la norma ANSI Z535.2 y ISO y son de suelo mojado, fuego, altura, clasificación del fuego y flechas indicativas. La Tabla 15 presenta la señalización y la descripción de las variables. La ubicación de las señales cuando de pared, simulaba una altura desde 1.80m del suelo.

Se informó al participante de que debía cruzar la oficina tan rápido como pudiera. Se utilizó el tiempo para aumentar el desafío. Se les informó oralmente de que habría peligros en el camino y que, en el caso de incendio, podían, si lo deseaban, resolver el problema utilizando el extintor. Para hacer uso de él, tendrían que elegir el tipo de extintor adecuado para el fuego en cuestión. Esta acción se realizaba a través del *track-pad* izquierdo (elección) y del gatillo izquierdo (despejar el polvo o el líquido). La información sobre el uso de extintores según el tipo de fuego estaba dispuesta en el entorno, cerca del peligro referido, pero no junto a él, y era una condición experimental. Había un total de tres carteles con esa información, uno estático y dos dinámicos (como se describe en la Tabla 15<sup>7</sup>).

---

<sup>7</sup> Todas las imágenes de la tabla san de la autora

Tabla 15. Variables de señales evaluadas

Variable Estática	Variable Dinámica	Variable Inteligente
 <p>(M1)</p>	<p>LEDs Intermitentes en las extremidades (M2)</p> <p>LEDs Intermitentes en las extremidades de línea (M3)</p>	<p>-----</p>
	<p>Intermitente color blanca (F1)</p> <p>Intermitente color amarilla (F2)</p> <p>Intermitente color rojo (F3)</p>	<p>-----</p>
 <p>(H1)</p>	<p>Intermitente color blanca en el cartel (H2)</p>	<p>Cartel y línea cebrada que se hacían visible cuando el usuario iba hacia el peligro (H3)</p>
 <p>(PM1)</p>	<p>Intermitentes alrededor de los textos (PM2)</p> <p>Intermitentes al rededor del pictograma (PM3)</p>	<p>-----</p>
 <p>(R1)</p>	<p>Flechas intermitentes (R2)</p>	<p>La señalización se hacía visible al usuario cuando se acercaba a la pared (R3)</p>

También se informó a los participantes de que, si lo hacían (apagaban el incendio), ganarían bonificaciones de un tiempo de 10s. Como “*feedback*” de la ganancia de tiempo extra, se programó una explosión verde “+10” programada utilizando el efecto “*cascade*” del *Unreal*. Si se tomaba una posición arriesgada, el participante perdía 10s (“*feedback*”: explosión “-10s” con color rojo). Para analizar las variables y el entorno, se evaluó la relación del usuario con el producto, donde la muestra eran los usuarios mientras que el entorno era el producto. Se evaluaron los deseos, las necesidades y los requisitos del usuario mediante técnicas de recopilación y sistematización de datos para evaluar la experiencia del usuario e identificar las mejoras necesarias (Norman et al., 1995).

#### 4.4 El protocolo experimental

Para mantener la máxima similitud en el experimento, las sesiones se realizaron durante 10 días laborales siempre en el mismo horario (al final de la mañana). La sesión se dividió en cuatro fases, que describiremos a continuación:

##### *Fase 1: Introducción/ pre-test (5 min)*

Los participantes otorgaron su consentimiento informado y posteriormente completaron una encuesta destinada a recopilar datos demográficos, intención de comportamiento (conciencia situacional laboral y conducta, experiencia de seguridad y comportamiento en seguridad), experiencia de juego y conocimientos tecnológicos. Se informó a los participantes que el objetivo principal del estudio era evaluar el entorno, las tareas y el mecanismo del juego.

La encuesta utilizada fue validada previamente mediante proceso interactivo Delphi por tres expertos en usabilidad y accesibilidad del laboratorio UserLab de La Salle. Para evaluar la conciencia situacional del trabajo, se aplicó la escala de autoinforme WSA (por sus siglas en inglés, “*work situation awareness*”) desarrollada por Sneddon et al. (2013). Esta escala consta de 11 ítems que se agrupan en 4 factores: (i) concentración, (ii) atención, (iii) anticipación y (iv) distracción. La conducta comportamiento fue evaluada teniendo en cuenta el cuestionario de Comportamiento de Seguridad (Seo et al., 2015) y las Intenciones de Comportamiento (Griffin & Neal, 2000). Los ítems se calificaron en una escala de 5 puntos, donde 1 significa “nunca” y 5 “siempre”. Tanto la encuesta como el formulario de consentimiento se encuentran detallados en el Apéndice 1 del estudio.

### *Fase 2: Sala de entrenamiento (3 min)*

Respetando el protocolo de seguridad de COVID-19, el primer paso fue higienizar el área experimental y el equipamiento delante de los participantes. A continuación, se colocó el equipamiento a los usuarios y se les sumergió en el pasillo de entrenamiento. Allí se les informó de que debían entrenar libremente la navegación, leer las señales y ejecutar las orientaciones escritas. También se les informó de que cuando cruzaran la palabra “START” comenzaría el experimento y, en consecuencia, el conteo del tiempo.

### *Fase 3: Sesión inmersiva (10 min)*

Los investigadores reforzaron verbalmente que el recuento del tiempo comenzaba y que el participante era libre para explorar la oficina y expresar cualquier duda u opinión. El investigador tomaba notas cuidadosamente del comentario y del punto en el entorno en que se hacía para su posterior análisis.

### *Fase 4: Entrevista de seguimiento (de media 10 min)*

Se cuestionó a los participantes sobre sus primeras impresiones y se inició el BLA. El objetivo era determinar cómo se relacionaban el producto, las consecuencias de su uso con la evaluación personal y pensamiento del usuario. Se siguieron tres pasos:

- Recogida de datos: este paso consistía en una plantilla en blanco para cinco elementos considerados positivos (puntos fuertes) y otra idéntica para cinco negativos (puntos débiles). La plantilla puede verse en el Apéndice 1 Bipolar Laddering. El entrevistador pedía a los participantes que indicasen qué aspectos del experimento y señales les gustaban más o les ayudaran en su tarea y cuales les disgustaban o les dificultaban en su tarea. Los aspectos se resumían en una palabra o frase corta.
- Evaluación: Una vez enumerados los elementos positivos y negativos, el investigador pidió al usuario que calificara cada elemento utilizando una escala de 0 (el más bajo) a 10 (el más alto).
- Definición: en este punto, el entrevistador leía en voz alta los elementos de cada lista y pedía que el participante justificase su elección. La respuesta debería consistir en una explicación específica de las características exactas que hacían que los elementos mencionados fuesen puntos fuertes o débiles. Finalmente, se pedía

al participante una solución para los problemas señalados y mejoras para los elementos positivos que no tuvieron calificación 10.

Para la experiencia, los usuarios disponían de un área libre de 2m x 2.40m. Aunque la experiencia se desarrollaba sentado en una silla de oficina y no de pie, optamos por tener en cuenta el espacio de área libre recomendado (2m x 1.5m). De este modo, el individuo podría mover la silla con ruedas sin riesgos de colisión. En la Figura 31 es posible observar algunos usuarios en el momento de inmersión.



Figura 31. Usuarios en la fase de inmersión. Fuente: la autora.

Al salir de la inmersión, los participantes completaron una encuesta que consistía en un cuestionario de molestias cibernéticas, presencia (ITC), aspectos de usabilidad de los avisos y un cuestionario de satisfacción (Apéndice 1-Post-test). Los usuarios nombraron las señales que recordaban y los aspectos relevantes. Además, mediante una escala Likert, indicaron cuánto les gustaba cada variable y señal. La escala Likert iba de 1 (muy malo) a 5 (muy bueno). Al final, se les agradeció su participación y colaboración en el estudio.

## 4.5 Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las distintas fases la sesión experimental descrita previamente

### *Resultado fase 1: introducción/pre-test*

En cuanto a las características potencialmente influyentes en la intención de comportamiento del usuario, nuestra muestra presentó las siguientes propiedades:

- Coeficiente de conciencia situacional laboral y conducta de 0.89 (fiabilidad, que es aceptable si alfa de Cronbach = 0.86) (Valerie Jane, 2019). La Tabla 16 presenta los datos del WSA de cada usuario.
- Experiencia en seguridad laboral : En cuanto a la experiencia en seguridad laboral y consecuentemente mayor atención a la prevención de riesgo (Cavalcanti & Soares, 2012), el 80% de los usuarios ya han sufrido, han sido testigos, o tienen una relación directa con alguien que ha sufrido un accidente laboral, como puede ser observado en la Tabla 17.
- Comportamiento seguro: La media de las respuestas de los participantes osciló fuertemente entre los valores extremos: fuerte en desacuerdo o nunca (1) (media=1.75) y fuertemente de acuerdo o siempre (5) (media=4.13), como puede ser observado en la Table 18 y en laTable 19.

Tabla 16. Media por factor de cada usuario resultante de escala WSA

Usuario	Concentración	Anticipación	Atención	Distracción	WSA Total (VAR)
1	1,5	1	3,0	3	0,77
2	1,8	1	1,5	2	0,46
3	2,3	1	2,0	2	0,77
4	1,7	1	2,0	3	1,07
5	1,8	1	2,5	3	1,33
6	1,2	1	3,0	3	1,34
7	1,8	1	2,5	3	0,67
8	2,2	0	1,5	4	1,56
9	1,8	1	1,5	3	0,84
10	2,2	1	3,5	2	1,12

Tabla 17. Datos de experiencia previa con accidentes por usuario.

Usuario	Ha sufrido un accidente laboral	Ha tenido un accidente fuera del trabajo	Ha sido testigo de un accidente laboral	Alguien cerca de ti ha sufrido un accidente laboral
1	no	no	no	no
2	no	si	no	si
3	no	si	no	si
4	no	no	no	no
5	no	si	no	si
6	no	si	si	si
7	no	no	no	si
8	no	no	no	si
9	no	si	no	si
10	no	si	no	si

Table 18. Intención de comportamiento y atención a señalética.

Usuario	Usa EPI	Mira señalética	No infrinjo normas de seguridad en caso de urgencia	Soy consciente de posibles problemas de seguridad en mi trabajo	Cumplo normas de seguridad y procedimiento de trabajo	Participa de la definición de ajustes de seguridad en el trabajo	Participa de encuentros de prevención de riesgos	Realizo surgenia de Prevención de riesgos
1	2	3	5	5	5	2	3	2
2	3	4	5	5	5	2	1	1
3	1	3	1	4	5	4	4	1
4	2	3	2	3	4	2	1	1
5	3	4	3	4	4	3	3	3
6	4	3	2	4	4	3	3	4
7	1	3	1	4	5	1	1	2
8	2	1	3	2	2	1	1	1
9	5	4	2	5	5	5	4	2
10	2	3	2	2	3	2	2	2

Table 19. Media y desviación estándar de comportamiento seguro de los participantes.

Usuario	MED	SD
1	3,22	1,39
2	3,44	1,74
3	2,67	1,66
4	2,44	1,13
5	3,44	0,53
6	3,33	0,71
7	2,56	1,74
8	1,67	0,71
9	4,11	1,27
10	2,22	0,44

Resultados fase 3: sesión inmersiva

Basándonos en los hallazgos derivados de la experiencia de inmersión y la evaluación conductual de los sujetos participantes, se pudo constatar que *Game for Safety* logró inducir una respuesta coherente en los participantes y estimular su predisposición hacia la misma. Mediante el análisis de las grabaciones de la actividad inmersiva y la observación hacia qué dirección miraban primero los usuarios, se evidenció que las señales más llamativas eran aquellas que indicaban la presencia de peligros. Aunque que la señalización textual fue vista por los usuarios, sólo se detuvieron a leer las dinámicas (con LEDs). Las señales en el suelo no fueron percibidas por los participantes. Según ellos, esto ocurrió porque su atención se centró en el peligro, y esto ha logrado un alto grado de percepción. La Tabla 20 muestra la percepción y conformidad respecto a los distintos atributos de las señales previamente presentadas en la Tabla 15 (ver sección 4.3).

Tabla 20. Percepción y obediencia por participante. U1-U10: usuarios.

Condición Experimental	Variable Experimental	Atributo	Percepción					Obediencia				
Clasificación del fuego (educativa)	M1	Estática	U1	U2	U3	U4	U5	U1	-	U3	-	U5
			-	U7	-	-	U10	-	U7	-	-	U10
	M2	Dinámica	U1	U2	U3	U4	U5	U1	U2	-	-	U5
Fuego (advertencia)	F1	Dinámica	U1	U2	U3	U4	U5	U1	-	U3	U4	U5
			U6	-	U8	U9	-	U6	-	U8	U9	-
	F2	Dinámica	U1	U2	U3	U4	U5	U1	-	-	U4	U5
Altura (advertencia)	H1	Estática	U1	U2	U3	U4	U5	-	-	-	-	-
			U6	-	U8	U9	U10	-	-	-	-	-
	H2	Dinámica	U1	U2	U3	U4	U5	-	-	-	U4	U5
Piso Mojado (advertencia)	PM1	Estática	U1	U2	U3	U4	U5	U1	-	U3	U4	U5
			U6	U7	U8	U9	U10	U6	U7	U8	-	U10
	PM2	Dinámica	U1	U2	U3	U4	U5	U1	-	U3	U4	U5
Flechas Indicativas (ruta)	R1	Estática	U1	U2	-	U4	U5	U1	-	-	U4	U5
			U6	U7	U8	U9	U10	U6	U7	U8	U9	U10
	R2	Dinámica	U1	U2	-	U4	U5	U1	-	-	U4	U5
Flechas Indicativas (ruta)	R3	Inteligente	U1	U2	-	U4	U5	U1	-	-	U4	U5
			U6	-	-	U9	U10	U6	-	-	U9	U10

Adicionalmente, la Tabla 21 muestra los comentarios generados en ese contexto.

Tabla 21. Comentarios y comportamientos durante el experimento. U1-U10: usuarios.

Condición Experimental	Comentarios y comportamientos
Clasificación del fuego (educativa)	U2:Leyó la primera línea de la dinámica. "Si leo me quedo sin tiempo". U3:"No puedo concentrarme, pensando en el tiempo". U4:"Mucho texto para leer". U5:"Tengo experiencia en clasificar extintores. No pienso leerlo". U7:Leyó el primer cartel. "Los iconos son los mismos que en el primero, no voy a dedicar más tiempo a leerlos de nuevo". U8:Primero quiso eliminar el fuego por intento, luego leyó las señales antes de eliminar el fuego.U10: Leyó todo el texto
Fuego (advertencia)	U1:El participante no leyó las señales y extinguió el fuego por tentativa y error. U2:El participante no leyó las señales y extinguió el fuego por tentativa y error. U3:"Es parecido al anterior, mejor corro". U5:Quitó todos peligros de fuego basado en experiencia previa. U6: El participante no leyó las señales y extinguió el fuego por tentativa y error. U7:Quitó todos peligros de fuego. U9: "Si trato de apagar el fuego, necesitaría más tiempo. Prefiero correr y salir". U10: "Cuando hay fuego, tu atención se centra en el fuego y no en el cartel"
Altura (advertencia)	U2:"Voy por el camino más corto". U3: No se desvió del primer agujero y cayó. Se desvió de los siguientes.U6: "Hay peligro debido al agujero, pero no me desviaré... tengo prisa". U10: "El pictograma es genial. Así es más rápido"
Piso Mojado (advertencia)	U2: "Prefiero intentar ganar más tiempo". U6:Se intentó ejecutar una acción para solucionar el cortocircuito cerca del agua. U8:Se intentó ejecutar una acción para solucionar el cortocircuito cerca del agua. U10: En las tres variables se desvía del suelo mojado
Flechas Indicativas (ruta)	Grado obediencia: U1:R2>R3>R1; U2: R2>R1>R3; U3:R1=R2=R3=0. U4:Elección siempre a la derecha: U5:R1>R3>R2; U6: R3>R1>R2. U7:Elección siempre a la izquierda independientemente del cartel; U8:R2>R1=R3=0; U9:R2>R1>R3; U10: R2>R3>R1

La evaluación de los carteles inteligentes mostró el nivel más bajo de percepción ( $p_i=55\%$ ) y obediencia ( $o_i=35\%$ ) en comparación con los demás tipos ( $p_d= 84\%$ ,  $o_d=62\%$ ;  $p_e= 75\%$ ,  $o_e=40\%$ ). Esto podría atribuirse al alto grado de carga cognitiva.

En la Figura 32 es posible vislumbrar una captura de pantalla de una de las grabaciones obtenidas durante la tarea.

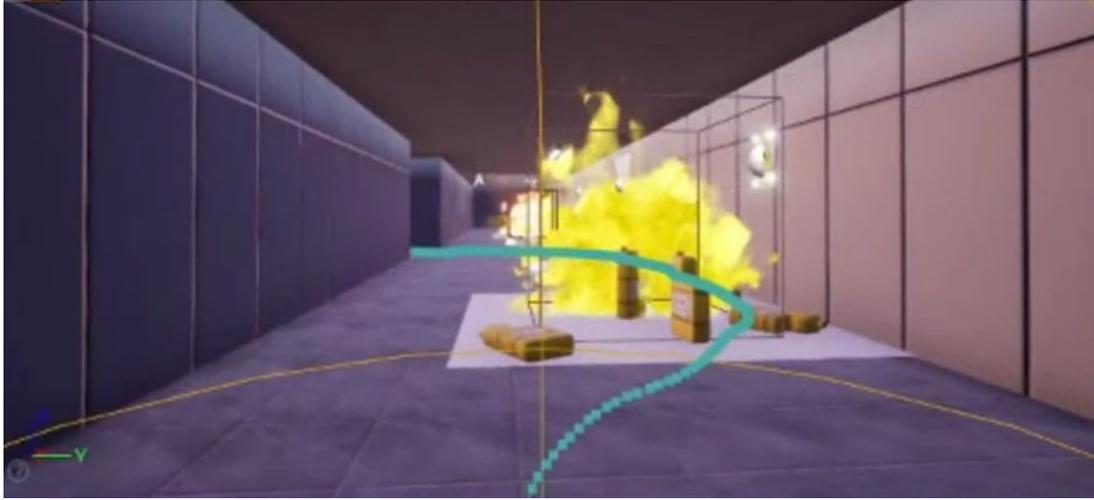


Figura 32. Ejemplo de grabación de acciones del usuario en el entorno. Fuente: Cavalcanti et al., 2021

### Resultado fase 4: Post-Inmersión

A continuación, se presentan los datos y resultados obtenidos tanto de la encuesta posterior a la inmersión (ciber fastidio, ITC, usabilidad y satisfacción del aviso) como de la entrevista *BLA (Bipolar Laddering)*.

En cuanto a la molestia cibernética, los resultados mostraron un bajo grado de incomodidad, como puede observarse en el siguiente gráfico (Figura 33). Entre los aspectos evaluados, el más señalado fue la visión borrosa, presente en el 30% de los participantes con intensidad media. Mientras tanto, en la entrevista se identificó que más que una incomodidad cibernética, la visión borrosa señalada por los voluntarios provenía de la característica añadida al ambiente para simular el accidente.

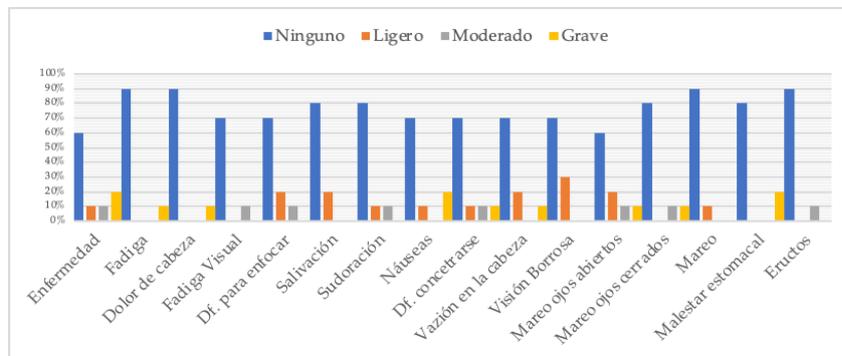


Figura 33. Gráfico de molestias cibernéticas. Fuente: la autora.

Los datos de la encuesta revelaron que, con respecto a señales estáticas, el 80% de los usuarios las consideraran claras y para 90% les resultarían agradables. Por otro lado, las señales dinámicas (LED) fueron evaluadas como claras en un 60% y agradables en un 60%.

Los resultados obtenidos por el BLA se clasificaron de la siguiente manera:

- Elementos positivos comunes (elementos positivos citados por más de un usuario – PCx).
- Elementos positivos particulares (los mencionado por un solo usuario- PPx).
- Elementos negativos comunes (elementos negativos citados por más de un usuario -NCx).
- Elementos negativos particulares (los mencionados por un solo usuario –NPx).

Se han obtenido un total de 10 elementos comunes positivos, 4 elementos particulares positivos, 9 elementos comunes negativos y 6 elementos particulares negativos.

Según las valoraciones positivas o negativas, los elementos comunes mencionados en mayor proporción (salvo la puntuación media de PC 10.0) fueron los aspectos más importantes a mejorar, utilizar o modificar. Además, se obtuvo un índice de mención para determinar los elementos que fueron percibidos por los usuarios (un índice de mención alto significa que el elemento fue más percibido). La combinación de estos elementos determinó los ítems más relevantes del BLA. La Tabla 22 muestra los aspectos destacados como positivos identificados por los usuarios y sus respectivas valoraciones. La Tabla 23 presenta los elementos considerados como negativos por los participantes con sus respectivas valoraciones.

Tabla 22. BLA: PCx y PPx del juego y variables de las señales

Ítem ID	Descripción	Media (Av)	Índice de Menciones (IM) %
<b>Comunes</b>			
PC1	Aprendizaje sin riesgo	8.40	50
PC2	Evaluación de la toma de decisiones	9.70	60
PC3	Presencia	6.34	30
PC4	Realismo	4.75	40
PC5	Entorno Virtual	8.50	20
PC6	Usabilidad	9.75	40
PC7	Tiempo x Tarea	8.50	40
PC8	Compromiso	9.00	20
PC9	Warnings	9.75	40
PC10	LED warning	10.00	20
<b>Particulares</b>			

PP1	Warning con pictogramas	10.00	10
PP2	Game	9.00	10
PP3	Claridad	5.00	10
PP4	No agresiva/Experiencia Agradable	6.00	10

Tabla 23. BLA: NCx y NPx del juego y variables de las señales

Ítem ID	Descripción	Media (Av)	Índice de Menciones (IM) %
<b>Comunes</b>			
NC1	Acostumbrase con la tecnología	6.00	20
NC2	Distractores	3.75	40
NC3	Interacción con el extintor de incendio	2.50	20
NC4	Molestias Cibernéticas	4.67	30
NC5	Usabilidad de los extintores	5.00	20
NC6	Repetitivo	2.00	20
NC7	Realismo	5.00	20
NC8	Tiempo extra	2.50	20
NC9	Entorno gráfico	2.50	20
<b>Particulares</b>			
NP1	Adaptabilidad	4.00	10
NP2	Información del tiempo	4.00	10
NP3	Warnings con textos	6.00	10
NP4	Agua	6.00	10
NP5	Duración	6.00	10
NP6	Lay-out del entorno	4.00	10

Como se muestra en Tabla 22 el mayor consenso sobre los aspectos positivos identificados con una tasa de mención del 60% se refiere a la toma de decisiones. La segunda característica mejor valorada fue el aprendizaje sin riesgo (50%). Este hecho podría demostrar la utilidad del Game for Safety para evaluar causas y consecuencias, así como su potencial capacidad de motivación, conforme puede ser observado en la Tabla 24.

Otros aspectos positivos citados con índices superiores al 30% fueron el realismo, la usabilidad, el tiempo para la tarea y la existencia de carteles, todos con IM=40%. Este último merece atención porque está relacionado con cuestiones que también aparecieron en comentarios particulares con una media más alta (señales LED y pictogramas de advertencia). Este aspecto es interesante pues se correlaciona a la importancia de la señalización en la toma de decisiones. Es importante tener en cuenta que, en el caso de los elementos positivos, estos han obtenido puntuaciones más bajas que los elementos que se perciben como buenos pero

que no funcionan bien (Pifarrea et al., 2009). Un ejemplo es el realismo (M= 4.75) que los encuestados perciben como positivo, pero que al final no se traduce en una experiencia agradable.

Tabla 24. Comentarios de los participantes acerca del Game for Safety en la entrevista BLA

<b>Usuario 1</b>
"Muy bueno para generar aprendizaje sin riesgos"
<b>Usuario 2</b>
"Como profesor de arquitectura y arquitecto en obras, considero que es muy relevante incluir a las personas para probar las señales y la evacuación."
<b>Usuario 3</b>
"Me parece una excelente herramienta para evaluar rápidamente la toma de decisiones."
<b>Usuario 4</b>
"Está muy bien para comprobar las consecuencias de tus acciones"
<b>Usuario 6</b>
"Está genial que muestre la información para tomar medidas, como con el extintor y el fuego: Learning by doing."
<b>Usuario 7</b>
"Engancha mucho"
<b>Usuario 8</b>
"Es muy útil para testear señales y entornos"
<b>Usuario 9</b>
"Muy promisor puesto que permite la toma de decisión"
<b>Usuario 10</b>
"Es genial que se presenten los peligros y cómo resolverlos."

En cuanto a los elementos negativos, no hubo un índice de mención superior al 40%. El elemento más mencionado fue la presencia de distractores. Los usuarios afirmaron, por ejemplo, que los relojes de arena (bonus extra) despertaba el deseo de cogerlos, aunque no era una acción obligatoria. También, según los mismos, en situaciones reales de accidentes no se da un tiempo extra para salvarse, como puede ser observado en la Tabla 25.

Un punto interesante fue el hecho de que tanto el realismo como el entorno virtual fueran considerados positivos por las mujeres, mientras que los hombres, en su mayoría, los consideraran negativo. Este resultado es relevante ya que confirma, junto con estudios anteriores, un comportamiento diferencial por género en el uso de la RV (Castelli et al., 2008); Stanney et. al., 2020), y potencialmente abre caminos a nuevas líneas de investigación para adaptar procesos formativos basados en sistemas interactivos adaptando los mismos en función del género de los usuarios para maximizar su eficacia y satisfacción.

Tabla 25. Datos recogidos acerca del Reloj de Tiempo durante el BLA

<b>Usuario 2</b>
"El reloj de arena desvía de la tarea real y no aporta nada relevante y realista."
<b>Usuario 5</b>
"Para mí, los relojes de arena no son buenos, ya que realmente no te dan tiempo extra en caso de un accidente."
<b>Usuario 8</b>
"No entiendo el papel del reloj de arena y qué reflejo tendría en salvarse del peligro".

Siguiendo el mismo procedimiento que con los elementos positivos y negativos, las mejoras y sugerencias de los usuarios también se clasificaron como soluciones comunes (CS), cuando fueron mencionadas por más de un usuario, y como soluciones particulares (PS), cuando fueron mencionadas por un solo usuario (Tabla 26). Es interesante observar que en esa fase la misma sugerencia fue presentada por más de un usuario como solución o mejora para más de un elemento.

Tabla 26. Soluciones comunes y particulares apuntadas para los elementos negativos y positivos.

Ítem ID	Descripción	Índice de Mención (MI) %
CS1	Experiencia más duradera	20
CS2	Ajustar a interacción al perfil del usuario	40
CS3	Más informaciones iniciales	20
CS4	Cambiar el mostrador del tiempo	20
CS5	Reducir los elementos	40
CS6	Mejora el diseño por área (colores, elementos, eventos)	30
CS7	Menos textos en los carteles	20
PS1	Limitar el tiempo del extintor	10
PS2	Añadir otro nivel	10
PS3	Mejorar la velocidad	10
PS4	Más dificultad para acceder al extintor	10
PS5	Más efectos negativos	10
PS6	Más elementos estresores	10
PS8	Cambiar el efecto del agua	10

Las tres soluciones más citadas fueron reducir los elementos, mejorar el *layout* y ajustar las interacciones con el perfil del usuario. Los usuarios apuntaron que las funciones de locomoción deberían poder ajustarse en función de la frecuencia de uso de la tecnología por

parte del individuo. Esto sucede porque los usuarios no familiarizados con estos sistemas necesitan desplazarse más lentamente, por ejemplo, mientras que los usuarios más frecuentes se desplazan con una mayor rapidez. No obstante, y como reflexión de cara a futuras pasos, dicha adaptación a la velocidad del usuario por un lado puede hacer que la experiencia sea menos agradable y perjudicar el objetivo del entorno.

## 4.6 Conclusiones

El objetivo principal de este capítulo fue evaluar el juego desarrollado y hacer factible su mejora para la producción del entorno final. Basado en los capítulos anteriores, el entorno virtual estaba compuesto por diferentes situaciones en las que el usuario sería libre de actuar según sus decisiones. Es decir, la toma de decisiones final dependería de la influencia de la señal en el comportamiento de los participantes del estudio.

Para alcanzar los objetivos de este capítulo, evaluamos la experiencia utilizando medidas subjetivas y conductuales. Considerando los resultados derivados de la fase de inmersión y el análisis de las entrevistas posteriores al test, fue posible retomar la primera pregunta de Investigación y, fundamentándonos en ella, llegar a la siguiente conclusión:

- **H1P1: ¿Cuáles son los elementos constituyentes de un juego inmersivo y serio orientado a la asunción de riesgos que pueden ejercer influencia sobre el usuario?**

En este sentido, identificamos dos elementos principales: el tiempo y el estrés.

Se ha demostrado que la presión por terminar la tarea principal (cruzar el laberinto) en menos tiempo, sumada al estrés personal de enfrentarse a los riesgos, constituyen objetivos contradictorios.

Según la evaluación del BLA, el estrés tenía tres causas principales: la sensación de repetición (I.M=20%), la presión del tiempo (I.M= 20%) y el exceso de elementos (I.M=40%). Un laberinto largo con un trazado similar provoca la sensación de estar constantemente en el mismo lugar. La disposición de varios elementos funciona como un fuerte distractor que distrae a los usuarios. De este modo, la simple razón de tener un elemento adicional de bonificación de tiempo en el entorno, despierta el deseo de pasar más tiempo, incluso cuando no es necesario.

Por lo tanto, podemos decir que la disposición del entorno juega un papel importante en los entornos virtuales. En la literatura, encontramos trabajos sobre estilos de navegación

(Castelli et al., 2008; Palacios-Ibáñez et al., 2022), colores (Hidayetoglu et al., 2012; Xu et al., 2014) entre otros (Calvo et al., 2018; Feng et al., 2020; Galán et al., 2021), pero la disposición de los elementos y el recorrido del usuario en el entorno es un tema que aún no ha sido abordado. Es necesario tener en cuenta la selección de elementos y su ubicación para motivar, distraer o enfocar al usuario.

Cruzando los datos de las tres fases experimentales (encuesta pre- test, inmersión y encuesta y entrevista post-inmersión) y teniendo en cuenta nuestra tercera pregunta de investigación, podemos concluir lo siguiente:

- **H1PI3: ¿Qué factores podrían potenciar la optimización del diseño de un entorno virtual, con el fin de analizar el comportamiento del usuario en un contexto de riesgo gamificado?**

Nuestros resultados sugieren que la capacidad de evaluar la causa y el efecto (con una tasa del 60% para la toma de decisiones autónomas y del 50% para el aprendizaje exento de riesgos) representa un argumento de considerable fuerza en favor de la utilización de un entorno virtual inmersivo. Además, el compromiso ( $M=9.0$ ) producido por la gamificación estimula las herramientas de formación.

También comprobamos que los motivadores en un entorno virtual consisten en ajustar mejor los objetivos a los perfiles de los usuarios ( $I.M=40\%$ ) en lugar de mejorar los elementos. Esto sucede, por ejemplo, porque los requisitos del sistema de una persona familiarizada con el juego son diferentes de los de una persona sin familiaridad con él. La mecánica del juego y el entorno virtual, por tanto, proporcionan un nivel de compromiso e interactividad que lo convierte en una herramienta prometedora en cualquier fase del proceso de diseño.

En lo que respecta a la señalización, los resultados de esta fase demuestran que los avances tecnológicos proporcionan herramientas capaces de hacer que las señales sean más eficaces. Así, la forma de presentar las señales influye directamente en la percepción de los receptores (usuarios). Los mecanismos destinados a proporcionar avisos dinámicos son una buena solución para mejorar la eficiencia de las señales ( $p_d= 84\%$ ;  $p_e= 75\%$ ;  $p_i=55\%$  y  $o_d=62\%$ ;  $o_e=40\%$ ;  $o_i=35\%$ ). Así, aunque al ser evaluados por los usuarios, las señales estáticas tienen resultados superiores en comparación con las dinámicas, estas últimas son más eficientes y funcionales para obtener una respuesta del usuario en un momento de estrés.

Con respecto a los resultados obtenidos mediante el registro de la actuación en el entorno, las reacciones físicas, las evidencias de comportamiento y las calificaciones del cuestionario, datos estos obtenidos durante las tres fases experimentales (encuesta pre-test, inmersión y encuesta, y entrevista post-inmersión) nos torna posible responder las siguientes preguntas de investigaciones presentadas en el capítulo 1:

- **H2P1: ¿Se observan disparidades en la percepción, el comportamiento y la utilidad de usuarios ante diferentes señales variables, en función del nivel de riesgo presente?**

Los resultados de la encuesta mostraron un mayor nivel de percepción de los avisos cuando estaban dotados de variables tecnológicas dinámicas (84%). En este sentido, y con base en los datos obtenidos durante la inmersión encontramos que altos porcentajes de participantes en una condición gamificada y estresante dirigieron su primera mirada hacia una señal con una variable LED intermitente. En una señal textual, las variables LED estaban relacionadas con una mayor percepción y tiempo de reacción. Sin embargo, ni el color ni el diseño generaron efectos sustanciales en los usuarios.

La gravedad y la inminencia no produjeron reacciones diferentes en la percepción, el comportamiento o la toma de decisiones. El comportamiento de todos los participantes se mantuvo constante para los diferentes tipos de peligro (resolver o huir).

Basándonos en los resultados obtenidos en esta fase, los siguientes pasos de la investigación se focalizaron en realizar ajustes en el entorno para favorecer su navegación, así como en la señalización, con el objetivo de definir la versión final de cara a su evaluación con una nueva muestra de usuarios.

## Capítulo 5: Señalética de seguridad, realidad virtual y perfil jugador: un estudio cuantitativo

La exposición repetida a una señal puede generar hábitos con ella y, en consecuencia, hacer que se preste menos atención a la misma. Para evitar que esto suceda, es posible hacer uso de nuevos accesorios que hagan que la señalización sea más dinámica. Ya se sabe que las señales dinámicas producen más obediencia en comparación con las estáticas (Hui et al., 2014; Vilar et al., 2014; Duarte et al., 2013), pero teniendo en cuenta su disposición, así como la inminencia y el nivel de peligro, ¿habrá algún cambio en el comportamiento del usuario?

A partir de los resultados obtenidos en los eventos del capítulo anterior y de las informaciones y cuestionamiento presentados, se realizaron ajustes en el entorno virtual. Con los cambios que se originaron a partir de las soluciones y sugerencias señaladas por los especialistas (capítulo 4) la nueva versión del "*Game for Safety*" se centró en:

- Ajustar el entorno virtual reduciendo elementos y centrándose más en la señalización;
- Evaluar cómo las características de las señales afectan al usuario y cómo el perfil del usuario afecta al comportamiento hacia la señal;
- Obtener información relativa a la percepción que tienen los sujetos de la señalética contenida en un entorno virtual de riesgo;
- Adquirir información relativa a cómo los sujetos perciben y se comportan ante las diferentes señales que exige una tarea;
- Apreciar el recuerdo de los sujetos ante las diferentes señales que exigen una acción;

- Evaluar el estímulo para activar la memoria de los sujetos en relación con las señales que no requieren acción;
- Identificar las posibles variables que pueden influir en la memoria y la capacidad de toma de decisiones (configuración de carteles; acción realizada y requerida) dentro de un entorno virtual;
- Analizar el comportamiento de los sujetos, la toma de decisiones y el recuerdo en relación con diferentes medios de presentación.

En cuanto a la configuración y disposición, se cambió el laberinto por un recorrido único y fluido, sin elección de rutas. Este cambio permitió que la toma de decisiones dentro del entorno se centrara únicamente en las tareas relacionadas con los peligros, reduciendo el exceso de elementos y la abundancia de información que generaban ruido en el procesamiento de la información. Por otro lado, con relación a la carga cognitiva, las tareas generadas en respuesta al peligro pasaron a ser obligatorias, lo que permitió una mejor homogeneización experimental.

Con base en lo anterior, este capítulo busca dar respuesta a las siguientes preguntas:

- **H1PI2: ¿Es posible que el contenido de las señales que requieren acciones afecte la capacidad del individuo para recordar la información?**

Hipótesis: Se ha demostrado que interactuar o realizar una tarea es más eficiente para el aprendizaje y la memoria (paradigmas constructivistas) que simplemente observar (Dagar & Yadav, 2016). Sin embargo, en una situación de emergencia, las acciones resultantes de la toma de decisiones o la simple realización de una tarea obligatoria pueden generar un grado similar de obediencia y memoria, ya que la carga cognitiva del usuario es elevada. En cambio, una señal que exige una acción obligatoria genera una respuesta más rápida que una que requiere una decisión, y el recuerdo posterior a la experiencia es el mismo para ambas, influyendo únicamente en el nivel de peligro percibido por el individuo. Para probar o refutar esta hipótesis, procederemos en conjunto con nuestro objetivo específico de evaluar la coherencia y la memoria conductual con diferentes variables de señalización en un entorno de riesgo inmersivo (Capítulo 1).

- **H3PI1: ¿Tiene las características individuales del jugador efecto en sus reacciones ante las señales de seguridad y sus distintas modalidades de presentación?**

Hipótesis: Las variables de los avisos y su disposición son capaces de influir en la percepción y clasificación del nivel de peligro por parte de los sujetos. Por lo tanto, se espera que un aviso dinámico genere en el individuo respuestas similares a la visualización del peligro, así como un mayor grado de percepción y comportamiento que uno estático. Para contestar a esta pregunta, se seguirá en la dirección del objetivo específico 5 establecido en el capítulo 1, el cual consiste en evaluar el comportamiento y la percepción del usuario ante las distintas variables de las alertas de peligro en presencia de riesgo inminente y riesgo subjetivo teniendo en mente sus características individuales.

- **H3PI2: ¿Puede el perfil de jugador del usuario influir en sus respuestas a las señales?**

Hipótesis: Parsons et al. (1999) ya demostraron en estudios anteriores que los jóvenes menores de 18 años prestan menos atención a las señales y, en consecuencia, tienen una menor percepción del peligro. Asimismo, se ha demostrado que las mujeres tienden a ver, leer, cumplir y dar más importancia a las advertencias en comparación con los hombres (Gustafsson, 1998; Bateman & Edwards, 2002). Por tanto, teniendo en cuenta que las características de los usuarios influyen en su comportamiento y el uso potencial, real y prometedor de un sistema, nuestra hipótesis es que estas características influyen en el comportamiento de los usuarios en relación con las señales.

Por ejemplo, el perfil "asesino", cuyo impulso motivacional es lograr la victoria sobre los demás, estará más centrado en el reto de "salvar su vida" (y, como consecuencia, lograr una buena posición en la clasificación) que en prestar atención a las señales. Por otro lado, el perfil "explorador", con una mayor tendencia a observar el entorno, prestará más atención a las señales presentadas allí. Además, creemos que estas características pueden influir en su comportamiento en términos de atención dividida. Esta cuestión está directamente relacionada con nuestros objetivos específicos de: (a) analizar la correlación entre el comportamiento del usuario en el entorno con el

perfil del jugador (OE.7) y (b) evaluar la influencia del estilo cognitivo con las variables de señalización dentro del entorno virtual (OE.8) especificadas en el Capítulo 1.

Al adoptar una estrategia más cuantitativa, también decidimos utilizar herramientas para recopilar datos sobre las señales del entorno durante la inmersión. Al mismo tiempo, consideramos dos puntos importantes: (i) mantener la misma tecnología utilizada en la fase anterior (es decir, los mismos cascos HTC VIVES, los mismos controles y sensores) para mantener la homogeneidad del procedimiento en el proyecto; y (ii) no incluir elementos intrusivos, ya que, como se vio en el Capítulo 2, algunos usuarios los perciben como inhibidores del comportamiento natural. Por lo tanto, descartamos el uso de equipos para medir las respuestas fisiológicas y optamos por desarrollar una herramienta interna en el entorno, capaz de medir el tiempo y el registro de datos del usuario ante diferentes configuraciones de señales de seguridad (objetos experimentales) cuando se encuentran en un entorno de riesgo.

Así, en esta fase, se adoptaron métodos cuantitativos, haciendo uso de los siguientes cuestionarios: etnográfico, de intención de comportamiento y conciencia de trabajo, cuestionario de fallo cognitivo (*cognitive failure questionnaire*), experiencia del jugador y manejo de la tecnología, además de la recopilación de datos del tiempo de percepción y primera mirada de la señalización, así como de la usabilidad del sistema.

Este capítulo se divide en dos partes principales: en la primera presentamos el desarrollo del juego final, con los cambios definitivos; y en la segunda, la experimentación y sus resultados

## 5.1 Entorno virtual

El objetivo de la nueva versión del entorno fue incorporar los cambios, requisitos y soluciones resultantes de la evaluación cualitativa presentada en el capítulo 4. De esta manera, las principales transformaciones pretendían estimular a los participantes a adoptar un comportamiento coherente con las advertencias de seguridad: un comportamiento seguro, pero respetando las características individuales intrínsecas como el género, el perfil de jugador, la edad, el estilo cognitivo y el perfil tecnológico. En otras palabras, se buscó desarrollar un ambiente de entrenamiento y evaluación similar a la realidad, mediante el uso de carteles informativos e instructivos, y el desarrollo de tareas y toma de decisiones.

En cuanto a la narrativa, mantuvimos el escenario de la oficina con el incidente reciente, ya que esta configuración era efectiva para implicar al usuario. Sin embargo, para aumentar la cognición, añadimos acciones obligatorias, es decir, tareas que debían ser realizadas para permitir avanzar en el trayecto. De esta manera, en dos momentos, los usuarios sólo podrían avanzar si se resolvía el problema en cuestión.

En cuanto a la disposición y configuración del entorno, el cambio más significativo fue que ya no se caracterizaba como un laberinto con múltiples caminos para que el participante eligiera. Ahora, el entorno tenía un único recorrido y la toma de decisiones se centraba en las acciones del usuario ante el peligro. Este cambio era necesario por dos razones principales: (i) la elección del camino generaba una sobrecarga cognitiva para el jugador y (ii) para aumentar la similitud con la realidad, donde en una ruta de escape suele haber un camino correcto sin opciones.

Así, con un camino unidireccional e igual para todos, los peligros ocupaban toda la anchura, de modo que los usuarios debían resolverlos para avanzar (apagar el fuego y secar el suelo). Por otro lado, para mantener la toma de decisiones, elemento esencial para nuestro estudio, añadimos al peligro de altura una tabla de madera. El usuario debía elegir entre pasar por el suelo fijo (desviando un poco su trayectoria) o por la tabla (siguiendo la trayectoria directa).

También, basándonos en los resultados, decidimos cambiar la estrategia de gamificación de conquista personal a competición entre usuarios. Para ello, añadimos una tabla de clasificación o ranking entre usuarios, que solo se presentaba al final de la partida. Sin embargo, al principio del juego, el jugador era consciente de su existencia. Este cambio pretendía disminuir la cantidad de elementos dentro del entorno, dejando la prueba más fluida. Además, la tabla de clasificación permitía fomentar la interacción entre los usuarios, incluso si no estaban todos juntos al mismo tiempo.

En cuanto a la interacción, con el fin de promover una mejor experiencia, permitimos al usuario ajustar la velocidad de desplazamiento dentro del entorno de acuerdo con su perfil tecnológico. Además, el jugador tenía la libertad de cambiar la velocidad en cualquier momento, incluso después de estar inmerso en el entorno. Para ello, podía utilizar el mando izquierdo (más rápido y sensible, de forma que, si se pone el dedo arriba se mueve) o el derecho (más lento y se debe pulsar). El modo de locomoción dentro del entorno sigue siendo lineal, y el usuario se mueve hacia donde dirige su mirada al pulsar el botón Track-pad del mando.

El escenario consta de dos zonas: un pasillo de entrenamiento y una sala principal. Con estas modificaciones, buscamos mejorar la experiencia de los participantes creando un ambiente de entrenamiento más realista, desafiante y que permita una navegación más fluida por el entorno gamificado. Los siguientes subapartados detallan cada una de las zonas del escenario.

### 5.1.1 Pasillo sala de entrenamiento

En el nuevo entorno, el pasillo de entrenamiento se mantiene en su ubicación original, al principio del escenario, y sigue desempeñando su doble función de transmitir una historia de fondo y familiarizar a los sujetos con el entorno y sus funcionalidades, como los controles y teclados. No se realizaron modificaciones en su disposición, ya que se confirmó que, al ser un pasillo integrado en la sala principal, refuerza la sensación de continuidad y es más eficaz para el entrenamiento en un entorno estresante que una antesala separada. Tanto el pasillo como la sala principal tienen el mismo suelo, techo y paredes. El pasillo también cuenta con señales que informan sobre un incidente en la oficina, los comandos necesarios para la navegación y la tarea del sujeto de actuar en relación con peligros evidentes, como retirar el fuego y secar el suelo

En comparación con el entorno anterior, los cambios principales fueron los siguientes:

- Se eliminó el reloj de arena y el cartel informativo del marcador de tiempo, ya que estos elementos ya no forman parte del entorno.
- Se añadieron los elementos del extintor y la fregona para que el jugador pudiera entrenarse en cómo cogerlos y hacer uso de ellos. Estos elementos son los mismos que los que se encuentran en la sala principal.
- Se colocó un cartel explicativo que muestra cómo coger la fregona o el extintor (se debe presionar el botón de disparo y mantenerlo pulsado mientras se usa el elemento (Figura 34).



Figura 34. Explicación extintor y fregona. Fuente: la autora.

- Se añadió un letrero al final para que el usuario pueda elegir entre girar a la derecha e ingresar al salón principal o darse la vuelta y entrenar más en la sala de entrenamiento (como se puede ver en la Figura 35). El cambio principal se hizo para darle al usuario el poder de decisión de comenzar el experimento en el salón principal cuando se sienta listo y cómodo para hacerlo.



Figura 35. Transición entrenamiento al salón principal. Fuente: la autora.

En cuanto a las señales presentes en el pasillo de entrenamiento, son las mismas y están en el mismo orden que en el entorno anterior (capítulo 3, sección 3.3.5), con los cambios correspondientes a la inclusión del cartel que informa de la existencia de tareas obligatorias,

las instrucciones sobre cómo realizarlas, así como la opción final de continuar el entrenamiento o ir al salón principal, como se puede ver en la Tabla 27.

Tabla 27. Cuadro comparativo en el pasillo de entrenamiento por versión de entorno

Señal	Función	Game for Safety v. 1	Game for Safety v.2
Introducción	- Informar explícitamente la ocurrencia de un incidente; - Aumentar la implicación del sujeto justificando la presencia de los riesgos inminentes en el escenario de manera subjetiva	✓	✓
Tarea	- Describir la tarea al usuario en el juego, que consiste en cruzar el pasillo lo más rápido posible, sin presentar directamente el objetivo del experimento.	✓	✓
Señal Reloj	- Informar al usuario sobre la presencia y función de los marcadores de tiempo, así como advertir sobre el tiempo máximo para finalizar la acción.	✓	X
Señal de ganancia de tiempo	- Informar al usuario sobre la acción necesaria para ganar tiempo extra	✓	X
Velocidad	- Informar de la opción de moverse más rápido o más despacio.	X	✓
Extintor	- Indicar la posibilidad de elegir el tipo de extintor adecuado para el incendio a través del <i>trackpad</i> .	✓	X
Acción	- Informar al jugador de que las instrucciones están disponibles en los carteles y de la obligatoriedad de ejecutarlas ("Solo puedes avanzar en presencia de peligros después de ejecutar las instrucciones proporcionadas en el entorno para poder avanzar")	X	✓
Objetos	- Presentar las instrucciones de las acciones necesaria para recoger un objeto e incentivar al jugador al probarlas.	✓	✓
Final	- Avisar al usuario de que la familiarización ha terminado y que va a comenzar la evaluación.	✓	X
Elección de seguir entrenamiento o empezar actividad.	- Presentar al usuario la opción de seguir el entrenamiento para adquirir más confianza/acostumbrarse a la tecnología o, iniciar el experimento	X	✓
<b>Elementos</b>			
Reloj	- Marcador regresivo del tiempo del jugador en el entorno	✓	X
Reloj de Arena	-Presentar al jugador elementos de logro de insignias (tiempo extra)	✓	X
Extintor	- Informar al jugador sobre las herramientas necesaria para la ejecución de acción	✓	✓
Fregona	- Informar al jugador sobre las herramientas necesarias para la ejecución de la acción obligatoria	X	✓

La Figura 36, muestra una vista del pasillo de entrenamiento.

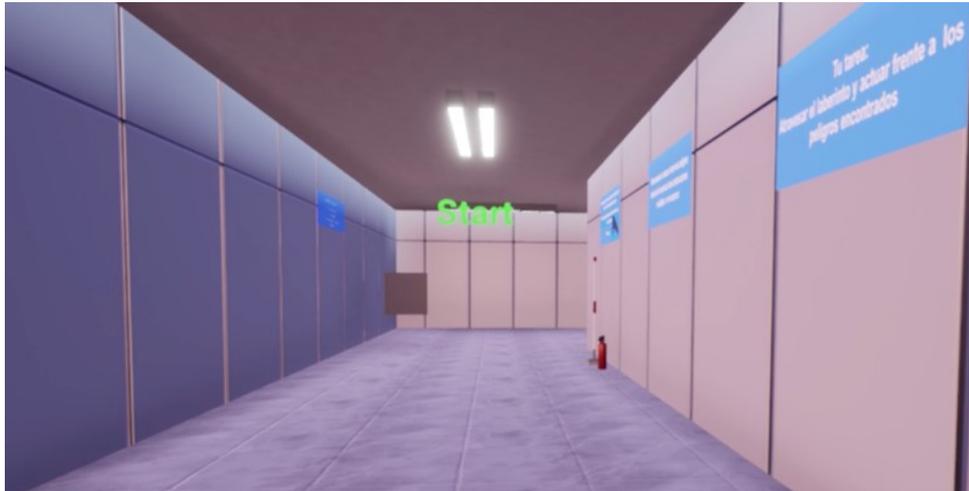


Figura 36. Pasillo de entrenamiento. Fuente: la autora.

### 5.1.2 Salón Principal

La sala principal únicamente permite un recorrido lineal, de tal forma, que a medida que el jugador avanza, se enfrenta a peligros y elementos propios de una oficina, tal como se muestra en la Figura 37. El participante solamente se percata de ellos a medida que avanza por la sala y los visualiza en la sección en la que se encuentra. Este factor contribuye a mantener el compromiso con la narración y aumentar el elemento sorpresa.

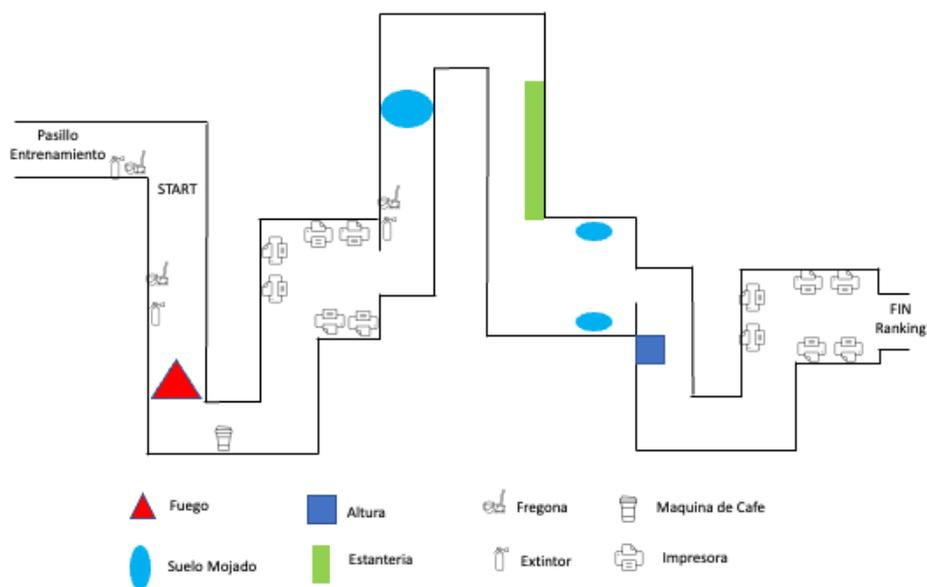


Figura 37. Diagrama de riesgos y material de oficina. Fuente: la autora.

Cerca de los peligros que implican una tarea existen dos herramientas disponibles: una adecuada para la acción y otra inadecuada. Además, hay una señal que indica qué opción de herramienta es necesaria para afrontar el peligro cercano. Igualmente, se distribuyen otras señales que identifican los peligros visibles, los riesgos que pueden producirse (como la caída de objetos) o informan de los fallos del equipo, tal como se muestra en el diagrama de la Figura 38.

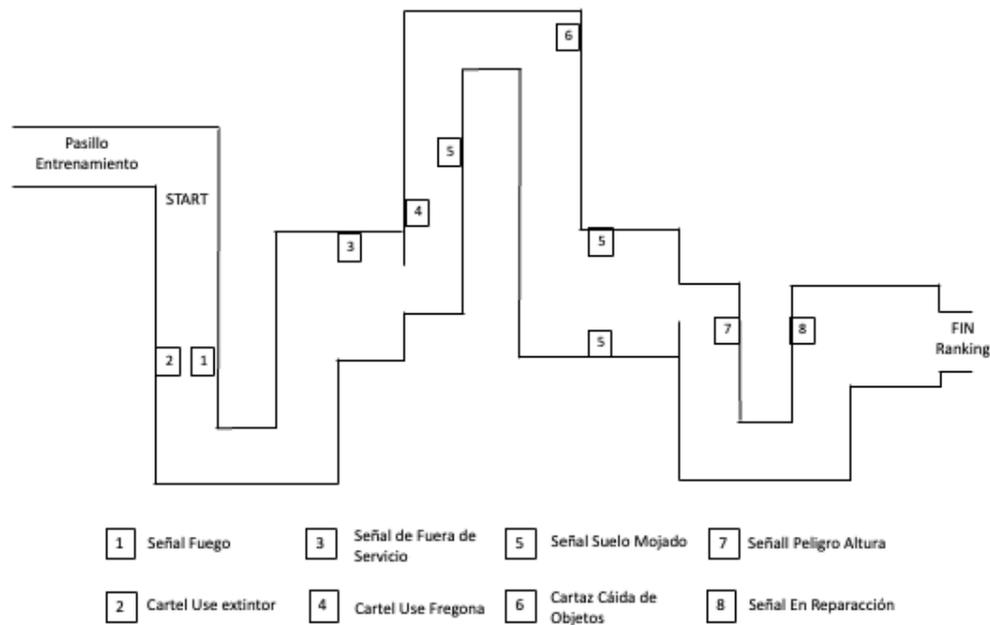


Figura 38. Ubicación de las señales en el entorno 2. Fuente: la autora.

En total, el entorno cuenta con 6 herramientas necesarias para llevar a cabo las tareas obligatorias: 3 extintores y 3 fregonas (ver Figura 39), distribuidas en parejas (lo que da un total de 3 parejas). Cada pareja está compuesta por un extintor y una fregona, colocados en el pasillo de entrenamiento (1 pareja) y cerca de los peligros que requieren atención (fuego y suelo mojado, con 1 pareja cerca de cada peligro, para un total de 2 parejas adicionales). Si lo deseaban, los participantes podían llevar directamente uno de los elementos del pasillo de entrenamiento a la sala principal, o regresar al pasillo de entrenamiento para recogerlo. Los participantes recibieron esta información antes de adentrarse en el entorno. Además, se les informó que, en caso de que una herramienta cayera al suelo, no sería posible recogerla desde allí y tendrían que regresar a la herramienta anterior.



Figura 39. Herramientas del salón principal. Fuente: la autora.

Para llevar a cabo la tarea obligatoria de apagar el fuego, el usuario debía recoger el extintor que estaba en el suelo, y acercarse al fuego y pulsar el gatillo o disparador del mando (ya sea izquierdo o derecho). Para activarlo y eliminar el fuego, debía acercarse lo suficiente a la llama y pulsar el *track-pad* superior, manteniendo una distancia mínima del fuego para extinguirlo, tal y como sucede en la realidad. Una vez extinguido el fuego, el usuario podía dejar el extintor y continuar su camino. Sin embargo, si el usuario soltara el gatillo antes de extinguir el fuego, el extintor caería al suelo, y el jugador no podría volver a recogerlo. Esta característica se implementó para añadir tensión al juego, ya que cualquier error en la acción, como dejar caer el extintor, significaría perder una oportunidad para ejecutar la tarea, dejando al jugador con una herramienta menos.

Para secar el suelo mojado y cumplir con la segunda acción obligatoria, el usuario debía coger la fregona, y acercándose a ella y manteniendo el brazo extendido y recto, pulsar el gatillo. A continuación, el usuario debería acercarse al charco de agua y ejecutar movimientos hacia abajo, derecha e izquierda para secar el suelo. No era necesario pulsar ningún botón, ya que la fregona succiona el agua mediante el movimiento. En ambos casos (extintor y fregona) el usuario debería mantener pulsado el gatillo mientras sostenía el instrumento. Tal acción corresponde a la mano cerrada. Una vez que el fuego estaba eliminado y el suelo seco, el usuario podría soltar el gatillo y dejar la herramienta para continuar con la tarea. Esta información se transmitió al usuario antes de comenzar el experimento con el objetivo de no distraer su atención buscando la forma y el lugar adecuados para colocar las herramientas, y aumentar la similitud con la realidad (en una situación de emergencia, el individuo está más centrado en huir que en buscar lugares donde dejar los objetos).

El suelo mojado se presentó en dos momentos: uno como determinante de la acción obligatoria y otro como punto de evaluación de la presencia. La diferencia entre ellos es que en el primer caso el agua ocupaba todo el ancho del pasillo, por lo que no había forma de pasar sin pisarla. En cambio, en el suelo mojado para la evaluación de presencia, había un tramo por el que se podía pasar sin mojarse ni resbalar. Además, cerca de la acción obligatoria había una fregona y una señal que indicaba uso obligatorio del equipo, así como la advertencia de suelo mojado, mientras que cerca del punto de evaluación de presencia solo había una advertencia de suelo mojado.

Con el objetivo de estimular el estrés, pero sin incomodar al usuario ni perjudicar su experiencia, utilizamos algunos recursos como:

- Carteles: mantuvimos el desenfoque de los carteles, pero con una menor intensidad. Esta acción también contribuye a la narrativa, ya que, en situaciones de accidentes, los carteles suelen tener mala visibilidad debido a las condiciones ambientales.
- Extintor de incendio: cuando se dejaba caer al suelo, el usuario no podía recogerlo de nuevo. Había 3 extintores en el entorno, pero solo se podían utilizar dos para extinguir el fuego, ya que el último estaba situado después de las llamas y al jugador no se le permitía avanzar sin apagarlo.
- Al acercarse a la pared, el usuario veía todo del mismo color que la pared, lo que indicaría que había chocado. Esta acción se realizó para añadir una sensación de incertidumbre. Si eso ocurría, el participante debería mirar hacia el lado opuesto y pulsar el botón para avanzar.

A continuación, en la Figura 40 se muestra varias escenas del entorno de simulación.

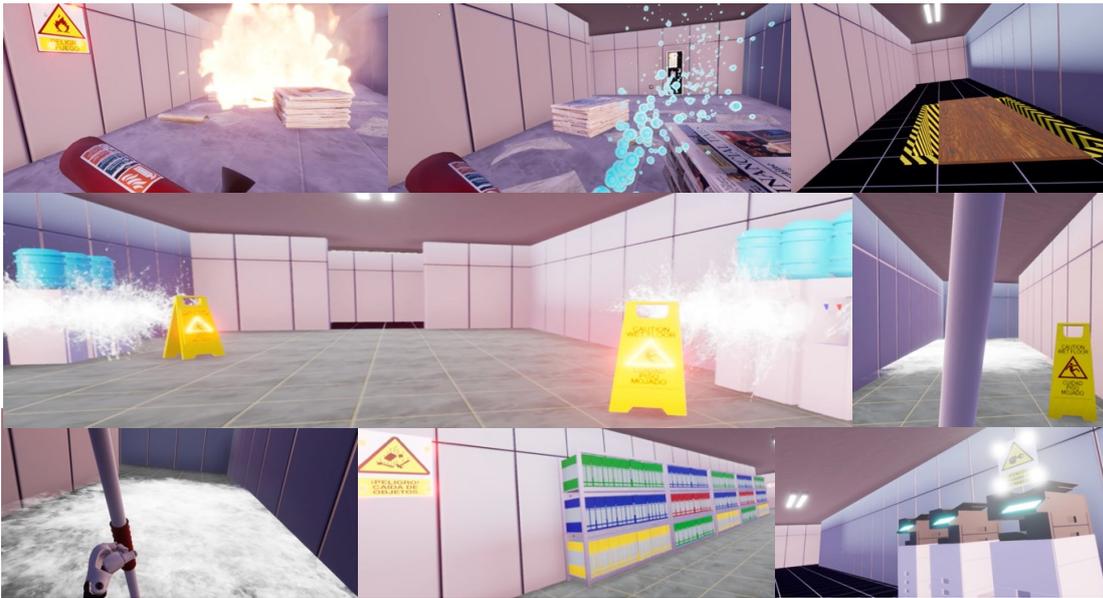


Figura 40. Los peligros. Fuente: la autora.

### 5.1.3 Señales

Las señales fueron configuradas en condiciones experimentales y se basaron en las normas ANSI Z535.2 e ISO. Consistieron en señales de obligación, señales de advertencia y señales de advertencia de peligro. Para su selección, se tuvo en cuenta la probabilidad de que existieran en una oficina y su idoneidad para la narrativa. Así, para esta versión de “*Game for Safety*” mantuvieron las señales de suelo mojado, caída de objeto, altura, equipamiento en mantenimiento, y equipamiento fuera de uso. Además, en comparación con la versión anterior, se añadieron las señales de uso de extintor y uso de fregona, mientras que se eliminaron las flechas indicativas y la clasificación de incendios. Con excepción de la señal de suelo mojado y la cinta de rayas amarillas y negras, todas las demás señales simulaban una altura de 1,80 metros desde el suelo. Las variables utilizadas fueron estáticas y dinámicas. El carácter dinámico fue dado por la adición de intermitentes que simulaban LEDs, situados en los extremos de la señal o alrededor del pictograma para resaltar esa información, según la variable que se tratara.

Por otro lado, a partir de los datos presentados en el capítulo anterior, se observó que, en el caso de un entorno virtual desconocido para el usuario y con factores estresantes, las señales inteligentes no resultaban más eficientes en términos de percepción. Por lo tanto, se realizó el cambio de las señales inteligentes a señales estáticas y dinámicas, y se profundizó en

la evaluación de la eficiencia de las señales en situaciones de carga cognitiva y peligro inminente. En la Tabla 28 son presenta las variables utilizadas y las cogniciones a las que se hace referencia.

Tabla 28. Condiciones experimentales

Tipo	Cartel	Presentación
Cartel obligatorio/Demanda una acción	Utilizar extintor	Estático
	Usar fregona	Intermitencia color blanca en los extremos
Identifica el peligro inminente cerca de una tarea obligatoria	Peligro fuego	Intermitencia color amarilla en los extremos
	Cuidado piso mojado	Estático
Identifica el peligro con toma de decisión	Caída de objetos	Luces amarillas intermitentes alrededor de los pictogramas
	Peligro de caída en altura	Estático
Identifica peligro en suelo	Suelo Mojado	Luces blancas intermitentes alrededor de los pictogramas
	Suelo Mojado	Estático
Informativa	Fuera de Servicio	Estático
	Equipamiento en Manutención	Luces blancas intermitentes alrededor de los pictogramas

La Tabla 29 presenta un resumen de las soluciones/sugerencias propuestas por los expertos en la fase anterior, así como las acciones añadidas y los cambios introducidos para dar respuesta:

Tabla 29. Soluciones aportadas en el nuevo entorno

Soluciones	Descripción	Acción Tomada
Común	Experiencia más duradera	Se eliminaron las paredes que impedían al usuario regresar. De ese modo, eran libres de hacer que la experiencia durará tanto cuanto quisieran, pero había que tener en cuenta el reto de salir del entorno lo antes posible
	Ajustar la interacción al perfil del usuario	Cada mando generaba una velocidad de desplazamiento distinta. Así, el jugador que quería moverse más rápido utilizaba el mando izquierdo; si quería hacerlo más despacio, utilizaba el mando derecho
	Más información inicial	Se añadieron nuevos carteles informativos en el entorno y se permitió que el participante eligiera el tiempo que quería pasar en el pasillo de entrenamiento. Además, se incrementó la información proporcionada antes del inicio del experimento.

	Cambiar el contador de tiempo	Se cambió el color de la tipografía de rojo a blanco, para promover una mayor suavidad. Además, el mismo pasó a ser presentado justo al final del ambiente, junto con la clasificación
	Reducir los elementos	Se excluyeron: flechas, contador de tiempo, reloj de arena, señal de clasificación de incendios, así como la repetición de peligros.
	Diseño mejorado por áreas (colores, elementos, eventos)	Se promovió un aspecto visual más limpio y se aumentó el cambio de colores por sección.
	Menos textos en los carteles	Eliminación de las señales de tipo incendio (con más contenido textual).
Particulares	Limitación del tiempo de uso del extintor	El extintor ya no estaría al alcance del usuario todo el tiempo, sino en un lugar donde el usuario debería recogerlo para poder hacer uso.
	Añadir otro nivel	-----
	Mejorar la velocidad	La misma solución para el ajuste de interacción al perfil del usuario
	Más dificultad para coger el extintor	La misma solución para “limitar el tiempo del extintor”
	Más efectos negativos	Eliminación de la posibilidad de ganar tiempo extra, añadido a las tareas obligatorias
	Más elementos estresantes	Mayor dificultad para recoger el equipo de seguridad y la adición de tareas obligatorias.
	Cambiar el efecto del agua	Utilización de interactive/mist particples con textura ray marching

## 5.2 Equipos

En este punto, para la selección del equipo, tuvimos en cuenta la premisa de mantener la máxima similitud con el procedimiento del enfoque cualitativo, ya que los cambios/mejoras procedían de los datos obtenidos en la fase anterior.

Así, continuamos con el uso del sistema HTC Vive, que consta de casco, dos controladores y las dos estaciones base (más detalles en el capítulo 4). En la Figura 41 se pueden visualizar los componentes utilizados en la experimentación.



Figura 41. Esquema del sistema de inmersión utilizado. Fuente: Cavalcanti et al., 2021.

### 5.3 Experimentación

Teniendo en cuenta los resultados del experimento anterior y el principio de la subjetividad (Belikova et al., 2019), que enfatiza la necesidad de involucrar al usuario, pero asegurándose de que se mantenga enfocado en el objetivo de aprendizaje, se decidió informar a la muestra que debían prestar atención a las señales en el camino durante la sesión experimental. Esta elección difiere del paradigma experimental utilizado en el capítulo 4, donde se empleó el paradigma de exposición al peligro: los participantes no fueron informados de que el estudio se centraba en la señalización, sino que se les pidió que realizaran una tarea mientras se presentaban las señales y se observaba su comportamiento en respuesta a estas señales (Wogalter & Dingus, 1999). Para aumentar el sentido de urgencia, se les indicó que debían salir del entorno virtual lo más rápido posible.

Se trata de un diseño “intrasujetos”, por lo que cada sujeto pasará por todos los tipos de señales (condiciones experimentales) y, por lo tanto, por todos los peligros (fuego, suelo mojado, altura) independientemente del camino que elija. La sesión constó de tres etapas: (1) una encuesta pre-test; (2) una sesión de simulación inmersiva, y (3) una encuesta post-test, que podía ser respondida en inglés o español según la elección del usuario.

La encuesta pre-test fue diseñada considerando algunos ítems:

- Las preguntas deberían ser claras y estar organizadas de manera coherente para que el individuo pudiera responderlas por sí mismo;
- Deberían ser diseñadas de forma homogénea, utilizando una escala que comience con la opción más frecuente y termine con la menos frecuente.

Teniendo en cuenta el modelo de la teoría de la comunicación (Wogalter et al., 1999) y los procesos cognitivos implicados en la decodificación del mensaje (González Muñoz, 2017), se seleccionaron las variables a evaluar, tal y como se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30. Variables experimentales

Cognición	Objetivo	Dato	Como	Fase
Percepción	Evaluar si las variables adicionales a una señal pueden influir en el tiempo de percepción de esta	Objetivo	Registros automáticos y cronometraje: movimiento de cabeza y parada cabeza;	2 (Durante Inmersión)
Atención	Selectiva Evaluar si las variables añadidas a una señal pueden influir en la atención que se presta cuando no hay carga cognitiva	Objetivo	desaceleración y fijación. Presentación de estímulos y distractores y evaluación de la	2 (Durante Inmersión)
	Dividida Evaluar si las variables añadidas a una señal pueden influir en la atención que se presta cuando hay carga cognitiva	Objetivo	toma de decisiones rápida y precisa del usuario	2 (Durante Inmersión)
Comprensión y Recuerdo	Evaluar si las variables pueden influir en la memoria	Objetivo	Encuesta	3 (Post-test)
Motivación/Satisfacción	Tener en cuenta las características individuales que pueden influir en el comportamiento	Objetivo	Encuesta	1 (Pre-test)
Comportamiento y Conducta	Intención Tener en cuenta características de la muestra que puedan influir en el comportamiento.	Subjetivo	Encuesta	1 (Pre-test)
	Cumplimiento Comparar la influencia de las distintas configuraciones en la información, la percepción del grado de peligro y la carga cognitiva en el comportamiento	Objetivo	Coleta de datos	2 (Durante la inmersión)

Se recopilaron los siguientes datos:

- Etnográfico: género, edad, conocimientos, experiencia previa en accidentes y experiencia con la tecnología, perfil del jugador;

- Intención de comportamiento, conciencia del trabajo y atención y memoria: se adaptaron los cuestionarios de autoinforme utilizando el Work Situational Awareness (Sneddon et al., 2013), Safety Behaviour (Campbell et al., 1993), Behavioral Intentions (Hun & Dingus, 1992) y Cognitive Failure Questionnaire (CFQ) (Broadbent et al., 1982).
- Usabilidad: utilizando datos de percepción recopilados del entorno, tiempo de visualización de la señalización en la primera vista, así como System Usability Scale (Broke, 1986).

La atención selectiva y la dividida fueron evaluadas empleando las siguientes tareas cognitivas:

- Atención selectiva: percepción del cartel bajo varios distractores. El cartel más eficiente es el más fácilmente detectado por los sujetos;
- Atención dividida: percepción del cartel mientras se realizan otras actividades. El buen cartel puede ser percibido y decodificado mientras se está desempeñando otra actividad, puesto que requiere poca atención hacia sí mismo.

Además de las métricas anteriormente mencionadas, también evaluamos la presencia, que como se comentó en el capítulo 2, es un punto fundamental para estudios en RV. Para su evaluación, activamos la presencia conductual, que trata de evaluar cuán análogos son los comportamientos, reacciones o percepciones individuales cuando se está inmerso en la RV.

Utilizando una escala propia para la observación (Usoh, et al., 1999), se recopilaron los datos de las reacciones (incluyendo comentarios) de los participantes mientras desempeñaban sus tareas en el entorno. Para determinados puntos seleccionados, se registraban las reacciones y se añadía un punto al marcador (por ejemplo, fuego: moverse más despacio, girar la cabeza; altura: postura menos relajada en la silla). El total del conteo de puntos se denominaba, Marcador de Presencia Conductual (MPC). También se evaluó el grado de incomodidad cibernéticos.

### 5.3.1 Prueba Piloto

Similarmente al paso anterior, procedimos a la prueba piloto con dos usuarios que no entrarían en la evaluación de los datos, para realizar chequeos y ajustes finales en caso de ser necesarios. Se trataba de dos pruebas experimentales (un hombre y una mujer) con igual configuración y presentación que los experimentos finales.

La prueba piloto nos mostró la necesidad de cambiar el mecanismo de recopilación de datos para la percepción de la señalética. Al principio, el campo visual abarcó una zona amplia, lo que hacía que se contara no solo la mirada hacia la señalización, sino también hacia el lado donde se encontraba. De esta manera, si el usuario miraba las impresoras que estaban cerca del cartel "fuera de servicio", por ejemplo, ya se contaba como una mirada hacia la señalética mencionada. Como resultado de esta interacción piloto se tomó la solución de reducir el campo de visión teniendo en cuenta la pared donde se ubicaba la señalética y su altura.

### 5.3.2 Métodos y Procedimientos

Antes de empezar los pases de la muestra, procedimos a dos nuevas pruebas piloto del entorno con personas de perfil similar a los participantes del experimento final (para probar el último cambio). Los pilotos tenían la misma configuración, explicación y ambientación de los pases experimentales. Es decir, replicamos la experiencia previamente a comenzar los testes con dos usuarios adicionales que no formarían parte de los datos de la muestra. Una vez finalizadas estas dos últimas pruebas piloto, comenzamos con los pases experimentales.

Al igual que en los experimentos anteriores, estos tuvieron lugar en el laboratorio, con un área libre de 2.40 m x 2.0m para permitir el movimiento y la locomoción libre del usuario.

El período de los pases se desarrolló desde abril de 2022 (después de las vacaciones de Semana Santa) hasta julio del mismo año (antes del inicio de las vacaciones de verano), correspondiendo a un trimestre lectivo. La participación fue voluntaria y los participantes tenían la libertad de abandonar la experiencia en cualquier momento. La inmersión se realizó en posición sentada, en primera persona y sin sonido para fomentar la libertad del usuario en expresar sus dudas y opiniones en cualquier momento. La duración media de cada sesión fue de 15 minutos y estaban divididas de la siguiente manera:

### **Pre-test (Tiempo de duración: 5 minutos)**

Los participantes recibieron un enlace para acceder a la encuesta preliminar y al formulario de consentimiento 24 horas antes de su programada participación en la sesión de inmersión (consultar el Apéndice 2 Pre-Test). Además, se les solicitó que no se presentaran en la sesión experimental con el estómago vacío y que evitaran consumir alimentos en los 15 minutos previos a la inmersión. Esta medida tenía como objetivo reducir la probabilidad de experimentar molestias relacionadas con la cibernética. Tuvieron la opción de responder en línea o presencialmente. En una primera etapa, se recopilaron datos demográficos y emocionales de los individuos con el propósito de identificar aquellos que pudieran afectar la homogeneidad de la muestra. También se recolectaron datos para evaluar la intención de los usuarios de seguir la señalización en un entorno peligroso. Este análisis resulta fundamental para cuantificar cuándo las variables pueden influir en la obediencia por sí mismas o cuando son una consecuencia de la intención conductual individual.

Con el fin de comprender mejor el perfil de los jugadores, se llevó a cabo una adaptación del Test de *Bartle test of Gamer psychology*, previamente abordado en el Capítulo 2. Esta adaptación se consideró necesaria debido a que la herramienta original se centraba en jugadores de videojuegos, mientras que nuestra muestra estaba compuesta en su mayoría por individuos no jugadores. El objetivo principal de esta adaptación fue determinar si el entorno desarrollado se ajustaba mejor a un perfil de público específico o si tenía un enfoque más generalista.

### **Sesión Experimental (Tiempo de duración: 5 minutos)**

Antes de colocarse el casco, el sujeto recibía una orientación en la que se le informaba de que, durante la inmersión, estaba libre para hacer preguntas o exponer cualquier duda u opinión. El experimentador siempre estaba a su lado, como observador y en caso de que el jugador expresase algún comentario, anotaba sus opiniones. Esta acción fue importante para no perder ningún dato que pudiera surgir naturalmente del individuo. Antes de colocarse el casco, el equipo era higienizado delante del usuario (esto era un procedimiento estándar obligatorio en relación con el protocolo de seguridad COVID vigente en ese momento). Por otro lado, el uso de mascarilla ya no era obligatorio y no fue utilizado por ninguno de los participantes. El desempeño del sujeto dentro del entorno era grabado (es decir, se grababan sus movimientos, trayectorias y acciones mientras estaban inmersos, pero nunca al usuario

real), para su posterior análisis de datos. En la Figura 42 se puede ver participantes en la fase de inmersión.



Figura 42. Usuarios en la fase de inmersión. Fuente: la autora.

### **Post-test (Tiempo de duración: 5 minutos)**

Una vez finalizada la inmersión, procedimos al post-test, en el cual, entre otras cosas, buscamos evaluar el grado de retención de las señaléticas. A diferencia de la encuesta pre-test, el post-test debía ser realizado inmediatamente después de la inmersión y solo de forma presencial. El objetivo de esto fue permitir la interacción con el sujeto y la posibilidad de obtener información adicional proporcionada por ellos. Durante el post-test, se midió la sensación de presencia del usuario a través del Inventario de Sentido de Presencia (Lessiter et al., 2001) para complementar el MPC. En ese momento, también se administró el SSQ. Es importante señalar que, en este estudio, solo utilizamos a posteriori el cuestionario SSQ, debido al que estudios previos han descrito que las personas que solo recibieron el cuestionario posteriormente a la inmersión fueron menos propensas al informar mareos por movimiento en comparación con aquellas que recibieron los cuestionarios antes y después de la **experiencia en RV** (Young et al., 2003; Olyazadeh, 2013). Creemos que esto se debió a que las personas se enfocaron más en estos síntomas durante la experiencia, y por ello no quisimos desviar la atención del usuario de la tarea principal. El formulario de la encuesta post-test lo podemos encontrar en el Apéndice-Post-test.

### 5.3.3 Participantes

Nuestra muestra estuvo compuesta por 51 voluntarios, de los cuales 31 eran hombres y 20 mujeres. Uno de los participantes (un hombre) optó por abandonar el experimento debido a mareos. Por lo tanto, la muestra válida estuvo compuesta por 30 hombres y 20 mujeres, con edades comprendidas entre 18 y 30 años, 31 y 40 años (22% cada grupo de edad); y 41 y 50 años (36%), mientras que el 20% restante tenía entre 51 y 65 años. La Figura 43 muestra la distribución por edades de la muestra.

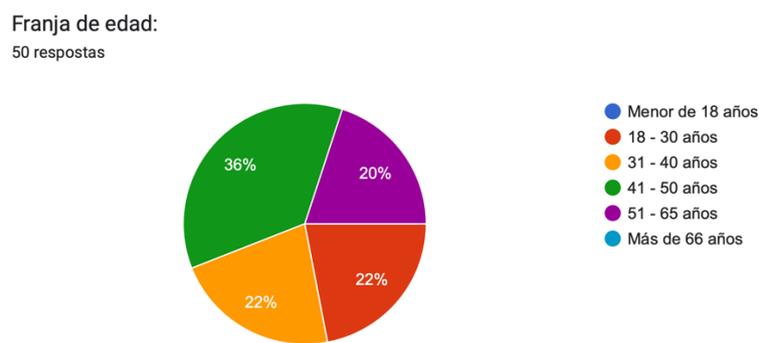


Figura 43. Distribución de la muestra por edad. Fuente: la autora.

Respecto a la formación, el nivel de estudios varió desde estudiantes de bachillerato hasta doctores graduados (Figura 44). Todos los participantes son usuarios de smartphones o tabletas, pero el 54% de la muestra nunca juega en estos dispositivos

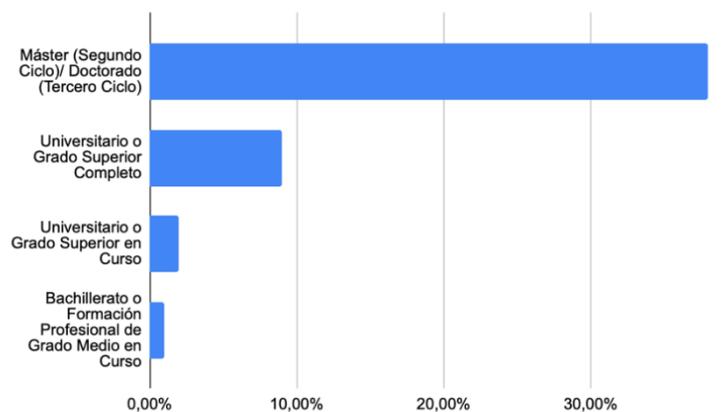


Figura 44. Escolaridad de los participantes. Fuente: la autora.

Con el cuestionario de usuarios, realizamos la primera aproximación a los intereses y características que pueden influir en los resultados obtenidos en la experiencia. Destacamos los siguientes puntos:

- En cuanto a la intención de comportamiento y la conciencia laboral, el 66% de nuestra muestra se autoevaluó con un alto nivel de conciencia de la situación laboral. El 92% de los participantes nunca ha sufrido un accidente laboral, pero el 22.4% ha presenciado uno;
- En cuanto al uso de tecnología, nuestra muestra se clasifica como digitalmente alfabetizada ( $x=100\%$ ), utilizando diariamente tabletas, ordenadores o Smartphone, no utiliza videojuegos ( $x=78\%$ ), ni tecnología de realidad virtual ( $x=48\%$ );
- En cuanto a los fallos cognitivos en situaciones de estrés debido a la desorganización, los resultados del CFQ nos muestran que solo el 6% de nuestra muestra es considerada susceptible. En cuanto al estilo cognitivo, utilizamos el estilo compás perceptual clasificado por Kagan (1966), que tiene en cuenta la diferencia de tiempo entre los sujetos para responder ante situaciones de incertidumbre o ambigüedad. Nuestra muestra se caracterizó como dividida, siendo el 50% reflexivo, es decir, piensa y reflexiona antes de la toma de decisiones, y el 50% impulsivo, prefiriendo actuar más rápidamente ante estímulos, aunque esto resulte en una acción con más riesgo de error.
- En cuanto al perfil de jugador, aunque la mayor parte de nuestra muestra se clasifica como exploradora (60%), tenemos en cuenta los 4 tipos de perfiles de la clasificación Bartle, como puede ser observado en Figura 45. Eso nos permite hacer una evaluación de la influencia de estos perfiles y sus comportamientos dentro del entorno.

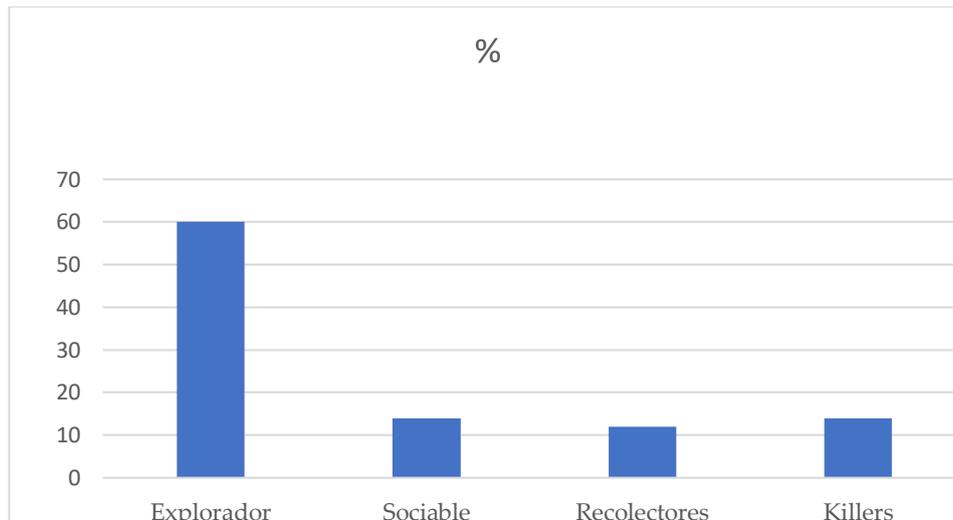


Figura 45. Perfil de jugador los participantes. Fuente: la autora.

Los comportamientos esperados de los usuarios dentro del escenario fueran separados en dos grupos:

- a) Comportamiento a distancia:
  - Mirar señales
  - Mirar peligros
  - Visualizar los elementos de composición del entorno
- b) Comportamiento de interacción:
  - Apagar el fuego
  - Secar el suelo
  - Elegir trayecto basado en peligro y cartel
  - Cambiar velocidad o alejarse de fuente de peligro
  - Ignorar el riesgo (en el caso de caída de objetos y de cartel de suelo mojado que no demanda acción de secar el suelo, no se enseña cambio de comportamiento).

## 5.4 Resultados

Para la evaluación y análisis de los datos hicimos uso del teste t Welch (también conocido como “prueba t de varianzas desiguales”, o “prueba t de varianzas desiguales de Welch”), en consecuencia, de la diferencia en la muestra válida de cantidad de hombres ( $x=30$ ) y mujeres ( $y=20$ ).

### 5.4.1 Datos recolectados

Como primer paso, para asegurarnos que el ‘*Game for Safety*’ es una herramienta viable, procedimos al análisis de los datos referentes a la presencia. Para la medida subjetiva a través de la evaluación de los datos del cuestionario ITC-SOPI, fueron calculados la media (M) y la desviación estándar (SD) de cada dimensión, resultando en:

- Presencia espacial: M= 3.79 e SD=0.53;
- Compromiso: M= 3.99 e SD= 0.5;
- Validez ecológica: M=3.26 e SD= 0.75;
- Efectos negativos: M= 2.36 e SD= 0.87.

Basándonos en los datos de presencia conductual, se registraron un total de 218 conteos de reacciones conductuales considerados válidos para el análisis. Es relevante destacar que se observó un mayor número de conteos de acciones y comportamientos cerca de los peligros que se percibían como más evidentes y de riesgo más elevado, tal como se puede apreciar en los gráficos de la Figura 46.

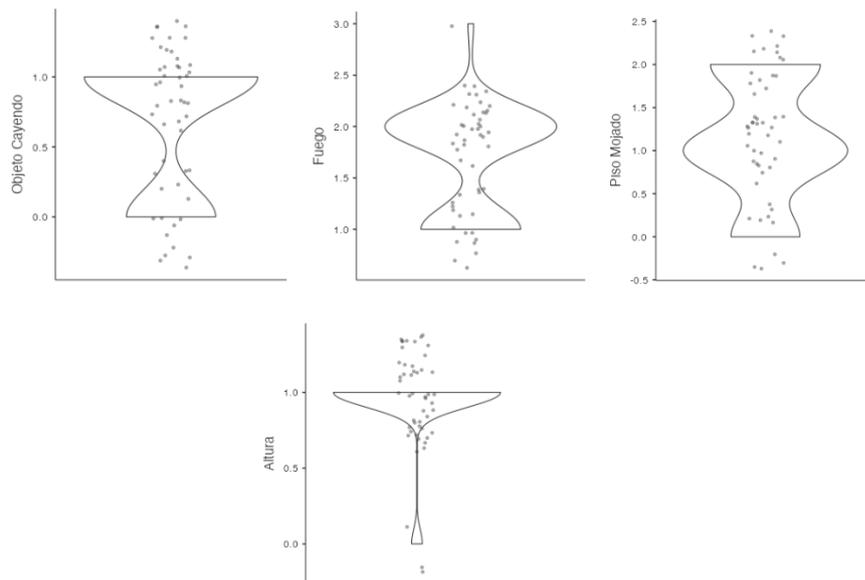


Figura 46. Resumen Presencia conductual en los puntos determinados. Fuente: la autora.

En este sentido, se observó que los conteos relacionados con incendio (83 conteos; M=1.66), donde se visualizaba la presencia del fuego, eran significativamente más elevados en

comparación con los conteos relacionados con caída de objetos (33 conteos;  $M=0.66$ ), en los cuales no se presenciaba la caída de objetos. La prueba de Shapiro-Wilk indicó una distribución normal como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31. Media, medianas y normalidad da presencia conductual

	<b>Objeto Cayendo</b>	<b>Fuego</b>	<b>Piso Mojado</b>	<b>Altura</b>
N	50	50	50	50
Media	0.660	1.66	1.12	0.940
Mediana	1.00	2.00	1.00	1.00
Desviación Estandar	0.479	0.519	0.718	0.240
Minimo	0	1	0	0
Maximo	1	3	2	1
Shapiro-Wilk W	0.599	0.679	0.805	0.255
Shapiro-Wilk p	< .001	< .001	< .001	< .001

Al observar la Tabla 31. Media, medianas y normalidad da presencia conductual, se evidencia una reducción de los índices en función de la presencia o ausencia de la visualización del peligro, así como de su extensión en el entorno. En otras palabras, los peligros que ocupan completamente el ancho del pasillo del entorno exhiben un índice más alto de comportamiento perceptible. Por otro lado, en el caso de los objetos que caen, donde solo se observa la señal, los índices de comportamiento perceptible son menores. Estos hallazgos destacan la estrecha relación entre la percepción de peligro y la respuesta conductual de los participantes. En consecuencia, al utilizar tanto los datos de presencia conductual como los datos del Índice de Tasa de Conteo (ITC), pudimos confirmar la validez y la adecuación del entorno de simulación para evaluar el comportamiento de los participantes en relación con diferentes peligros y situaciones

En relación con los resultados obtenidos del "SSQ", es relevante destacar que en ciertos momentos se introdujo un efecto borroso en el entorno, con la finalidad de simular una situación de accidente. Esta particularidad influyó en las respuestas dadas por los participantes con relación a la pregunta sobre "dificultad para enfocar", donde aproximadamente el 55,1% de los encuestados informaron experimentar una ligera dificultad en la concentración. Los valores medios obtenidos para las dimensiones de náuseas, oculomotricidad y desorientación,

según la escala propuesta por Kennedy et al. en 1993, fueron de 0,16, 0,20 y 0,23, respectivamente.

Para evaluar si existía una diferencia estadísticamente significativa en las quejas reportadas por los distintos grupos, se aplicó la prueba de la t de Student. Previo a este análisis, se verificó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk ( $W=0,87$ ,  $p=0,26$ ;  $p>0,05$ ), y se comprobó la homogeneidad de varianzas utilizando la prueba de Levene ( $F=0,06$ ,  $p=0,80$ ;  $p>0,05$ ), como se detalla en las tablas correspondientes (Tabla 32, Tabla 33 y Tabla 34). Estos procedimientos estadísticos se llevaron a cabo con el fin de evaluar si las diferencias en las quejas relacionadas con el malestar entre los grupos eran estadísticamente significativas y si se cumplían los supuestos necesarios para aplicar las pruebas estadísticas utilizadas en el análisis de los datos.

Tabla 32. Resumen de las variables evaluadas t-Student para SSQ

		Estadística	df	p	Mea n	SE		Tamaño del efecto
Valor	Student's t	2.12	4.00	0.102	6.47	3.05	Cohen's d	1.73

Tabla 33. Teste de normalidad para SSQ

	W	p
Valor	0.879	0.264

Tabla 34. Homogeneidad SSQ

	F	df	df2	p
Valor	0.0673	1	4	0.808

Los resultados derivados del análisis mediante la prueba t de muestras independientes indican que no existen diferencias significativas en lo que respecta a la cibermolestia entre los grupos de hombres (M=17,9; SD=3,61) y mujeres (M=23,9; SD=3,87). Además, el cálculo del efecto de Cohen mostró que esta carencia de diferencia es de gran magnitud, con un valor de d de Cohen igual a 1,73, tal como se detalla en la Tabla 35.

Tabla 35. Molestias cibernéticas

	Media	Mediana	SD	SE
Mujer	23.9	25.0	3.87	2.23
Hombre	17.4	17.7	3.61	2.08

#### 5.4.2 Resultado Percepción

En cuanto a la percepción, evaluamos si el usuario dirigió en algún momento su mirada hacia la señal y hacia dónde dirigió su primera mirada. Para ello, hicimos uso del sistema de recogida de tiempo hacia la posición de la señal desarrollado para este fin y de grabaciones del comportamiento dentro del entorno. Para ser considerada como percibida, la señal debe tener un tiempo de mirada superior a 0 segundos ( $t > 0$ ) y al menos alguna concordancia conductual (movimiento de cabeza, desaceleración y/o parada). Y para ser considerada como primera mirada, debía ser la primera que apareciera en la grabación del entorno. Aquí teníamos como variables:

- Tipo de advertencia- estática y basada en tecnología (dinámica con uso de LEDs);
- Visualización del peligro- presencia de peligro de diferentes grados: alto (fuego), medio (altura y agua), bajo (caída de objetos y suelo mojado) o no visible (equipamiento en reparación y equipamiento fuera de uso);
- Carga cognitiva- presencia de una acción obligatoria (apagar el fuego y secar el suelo), toma de decisiones (cruzar por la tabla o desviar del camino e continuar por el suelo sin agujeros; reducir la velocidad) o ausencia del carácter obligatorio de una acción.

Para determinar la influencia de las variables en la percepción de las señales, se llevó a cabo un análisis comparativo entre las señales estáticas y dinámicas, considerando cuatro grupos distintos con diferentes niveles de riesgo y acción obligatoria (riesgo alto con acción obligatoria, riesgo medio con acción obligatoria, riesgo bajo sin acción obligatoria y riesgo no visible sin acción obligatoria). Antes de realizar dicho análisis, se procedió a realizar una prueba de normalidad utilizando el test de Shapiro-Wilk, el cual indicó una violación del supuesto de normalidad, tal como se refleja en la Tabla 36 correspondiente. Debido a esta violación del supuesto de normalidad, se empleó la prueba de H de Kruskal-Wallis para evaluar las variables en cuestión.

Tabla 36. Test Shapiro-Wilch para percepción

	W	p
Riesgo alto con acción obligatoria	0.481	<.001
Riesgo medio con acción obligatoria	0.967	0.013
Riesgo bajo sin acción obligatoria	0.736	<.001
Riesgo no visible sin acción obligatoria	0.709	<.001

La mayoría de las señales dinámicas mostraron un mayor grado de percepción que las estáticas, como se puede ver en el gráfico de Figura 47.

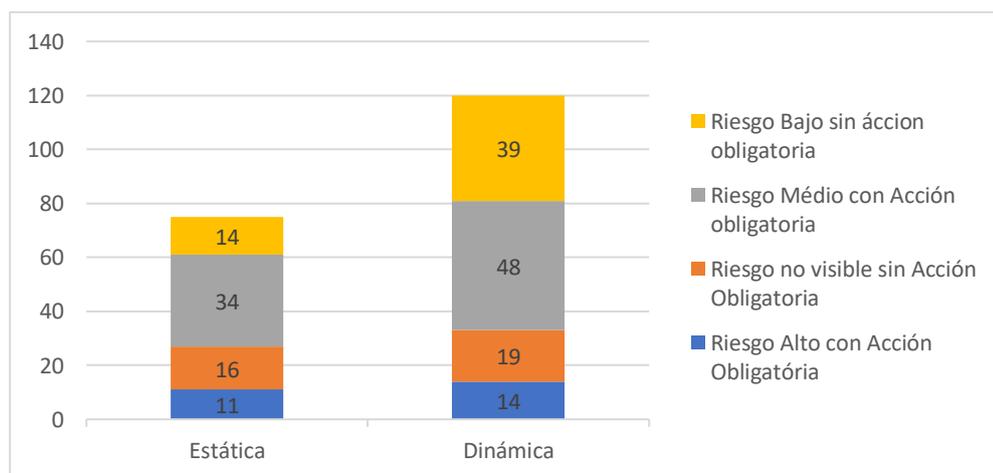


Figura 47. Percepción de las señales. Fuente: la autora.

Posteriormente a la aplicación de la prueba de Kruskal-Wallis (Tabla 37) para evaluar la significación estadística de los datos obtenidos, se encontró una relevancia estadísticamente significativa en la percepción entre los grupos estático y dinámico en dos condiciones específicas: cuando se presenta un riesgo medio con acción obligatoria ( $M=2.80$ ),  $W = 7.43$ ,  $p < 0.0001$ ; y cuando se trata de un riesgo bajo sin acción obligatoria ( $M=0.25$ ),  $W = 7.20$ ,  $p < 0.0001$ , como se detalla en la Tabla 38. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los grupos estático y dinámico en las condiciones de riesgo alto con acción obligatoria ( $W = 0.551$ ,  $p = 0.69$ ) y riesgo no visible sin acción obligatoria ( $W = 0.187$ ,  $p = 0.186$ ).

Tabla 37. Tabla Kruskal- Wallis

	$\chi^2$	df	p	$\epsilon^2$	Mediana
Riesgo alto con acción obligatoria	0.15	1	0.697	0.001	0.0
Riesgo medio con acción obligatoria	27.589	1	<.001	0.278	2.80
Riesgo bajo sin acción obligatoria	25.889	1	<.001	0.261	0.250
Riesgo no visible sin acción obligatoria	1.746	1	0.186	0.017	0.0

Tabla 38. Comparación de pares

			W	p
Riesgo alto con acción obligatoria	Estática	Dinámica	0.551	0.697
Riesgo medio con acción obligatoria	Estática	Dinámica	7.43	<.001
Riesgo bajo sin acción obligatoria	Estática	Dinámica	7.20	<.001
Riesgo no visible sin acción obligatoria	Estática	Dinámica	0.187	0.186

Este hallazgo es congruente con la premisa de que la visualización del peligro con un nivel de riesgo elevado conlleva a una disminución en la percepción de las señales. A pesar de que la incorporación de tecnología puede mejorar la funcionalidad de las señales, es más probable que los usuarios simplemente detecten la presencia del peligro sin buscar información adicional. En contraste, cuando se presenta un peligro de grado medio que requiere una acción por parte del usuario, se observa un incremento significativo en la

percepción por parte de los individuos (DM = 2.80), como si estuvieran en búsqueda de orientación, como se ilustra en la Figura 48.

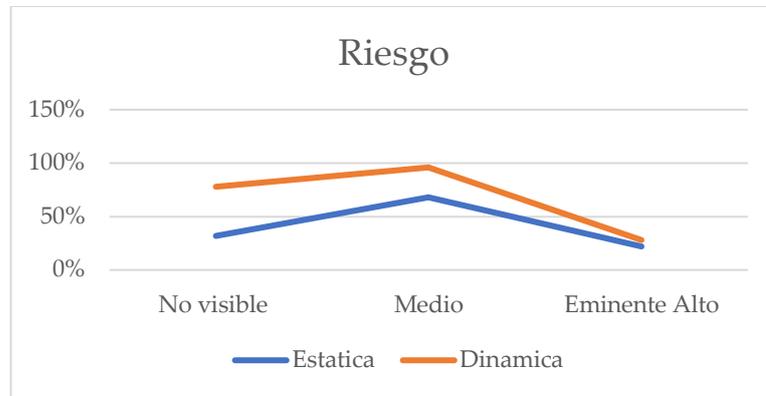


Figura 48. Percepción de las señales con relación a la presencia del peligro. Fuente: la autora.

Los datos encontrados están de acuerdo con la ley de Yerkes-Dodson (1908), que relaciona la motivación y el estrés con la activación cognitiva y el desempeño. Este modelo manifiesta que se consigue un desempeño eficiente cuando la motivación no está muy baja ni muy elevada (Figura 49). La presencia de una acción requerida activa al participante de manera que se vuelve más atento y perceptivo en el entorno circundante, y por eso las señales son más percibidas en un momento en el que se requiere una acción. Por otro lado, en un momento de activación muy elevada, se experimenta el efecto túnel, donde se pierde el desempeño de la visión periférica.

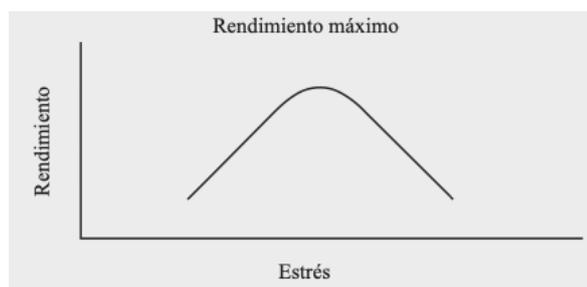


Figura 49. Curva Yerkes y Dodson (Anaya-Durand & Anaya-Huertas, 2010).

Al analizar la percepción de los usuarios considerando su perfil de jugador, se observó que los "Exploradores" exhibieron un nivel de percepción significativamente mayor (M = 17, SD = 8.82). En contraste, los perfiles de "Asesinos" mostraron un M = 4.50 y SD = 1.38; los

"Sociables" obtuvieron un  $M = 3.00$ ,  $SD = 2.45$ ; y los "Coleccionadores" alcanzaron un  $M = 2.00$ ,  $SD = 0.97$ . Estos resultados se encuentran detallados en la Tabla 39 y se presentan visualmente en la Figura 50.

Tabla 39. Estadística descriptiva perfil jugadores

	Exploradores	Sociables	Triunfadores	Asesinos
Mediana	17.0	3.50	2.00	4.50
Desviación Estándar	8.82	2.45	1.97	1.38

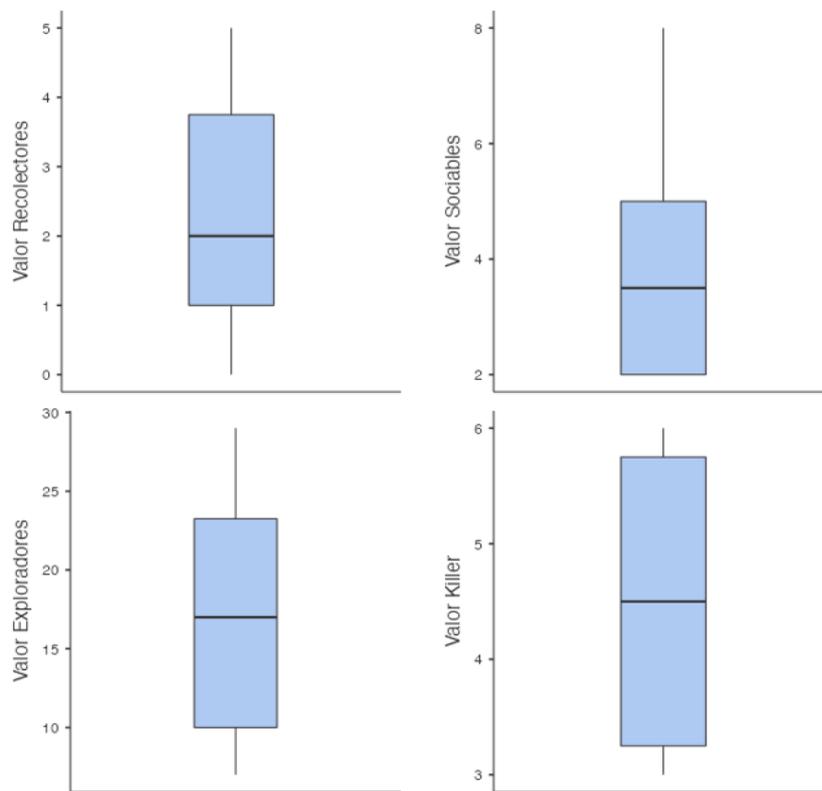


Figura 50. Box Plot percepción perfil jugador. Fuente: la autora.

Antes de llevar a cabo el análisis para evaluar la significancia estadística de estas diferencias, se realizó una evaluación de la normalidad y la homogeneidad de la muestra utilizando las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Los resultados confirmaron la normalidad de los datos ( $W = 0.93$ ,  $p = 0.13$ ); sin embargo, indicaron la falta de homogeneidad entre los grupos ( $F(3, 20) = 17.2$ ,  $p < 0.001$ ), según se presenta en la Tabla 40.

Por lo tanto, se procedió a realizar un análisis de varianza (ANOVA) de Welch para investigar posibles variaciones en la percepción de los usuarios en relación a su perfil de jugador. Los resultados indicaron una diferencia significativa (( $F(2, 10.4) = 5.46$ ,  $p = 0.016$ ), sugerente de variaciones en la percepción entre los distintos perfiles de jugadores, tal como se detalla en la Tabla 41.

Tabla 40. Test homogeneidad perfil jugador

	F	df <sub>1</sub>	df2	p
Valor	17.2	3	20	<.001

Tabla 41. Varianza perfil jugador

	F	df <sub>1</sub>	df2	p
Valor	5.46	3	10.4	0.016

De esa manera, se procedió a realizar un análisis post hoc empleando el test de Games-Howell con el objetivo de discernir qué grupos presentan diferencias significativas entre ellos. Los hallazgos evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en la percepción entre los grupos "asesino" vs. "triunfador", "explorador" vs. "sociable" y "explorador" vs. "triunfador", tal como se detalla en la Tabla 42.

Estos resultados enfatizan la relevancia de considerar el perfil del jugador al evaluar la percepción en entornos de juego.

Tabla 42. Games-Howell Post-Hoc percepción.

		Asesino	Exploradores	Sociables	Triunfadores
Asesino	Mean	—	-12.7	0.500	2.17
	Valor p	—	0.058	0.971	0.192
Exploradores	Mean		—	13.167	14.83
	Valor p		—	0.049	0.031
Sociables	Mean			—	1.67
	Valor p			—	0.584
Triunfadores	Mean				—
	Valor p				—

### 5.4.3 Resultado Atención

Como se ha mencionado anteriormente, la atención en el ámbito de esta investigación se divide en dos subgrupos: atención selectiva (que se refiere a la atención frente a distractores) y atención dividida (referente a la atención concurrente con la ejecución de otra acción). Veremos sus análisis a la continuación:

- Atención Selectiva:

El objetivo de esa fase era evaluar qué estímulos de la señal generan una mayor atención hacia ella en un entorno con distracciones. Para ello, se tuvieron en cuenta el tiempo de mirada hacia la señal y el comportamiento del usuario en concordancia con la acción requerida (por ejemplo, reducción de la velocidad, movimiento de la cabeza buscando el peligro, movimiento de alejamiento de la fuente del riesgo). La solución más eficaz es aquella que requiere un tiempo de mirada más corto y un comportamiento concordante. Por lo tanto, se excluyeron las señales con tiempo de mirada de 0 segundos, así como aquellas en las que los usuarios no adoptaron un comportamiento consonante.

Los resultados indicaron que los tiempos medios de lectura fueron relativamente cortos para ambas señales, siendo más breves en el caso de las señales estáticas, como se puede observar en la imagen correspondiente (Figura 51). Una posible explicación de esta diferencia

podría ser la presencia de LED en las señales, lo que podría dificultar la lectura y reducir los tiempos de procesamiento.

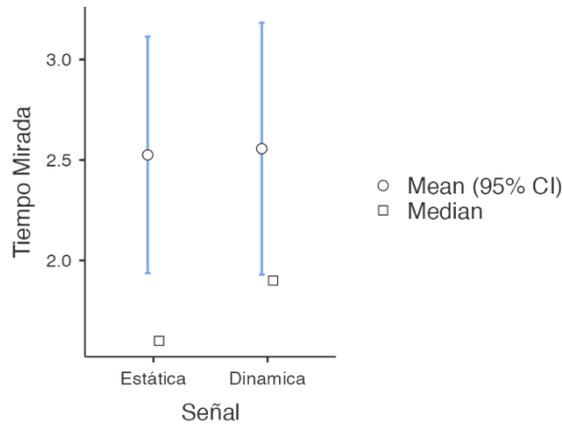


Figura 51. Atención Selectiva: tiempo de mirada previo al comportamiento consonante. Fuente: la autora.

Previamente a conducir el análisis, fueron testadas los presupuestos para análisis de muestras independientes t-test, que son normalidad y homogeneidad de la varianza a través de las pruebas estadísticas de Shapiro-Wilk y Levene's. Los resultados de Shapiro-Wilk Test nos mostraron la no normalidad de la muestra ( $W=0.93$ ,  $p<0.001$ ). Dado que los datos no cumplían con el supuesto de normalidad, se optó por utilizar la prueba U de Mann-Whitney como una alternativa adecuada para comparar los tiempos medios de lectura de las señales estáticas y dinámicas. Los resultados de esta prueba no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras ( $U(81) = 834$ ,  $p=0,91$ ), como se detalla en la tabla correspondiente (Tabla 43).

Tabla 43. Resumen análisis estadística Atención Selectiva

<b>Mann-Whitney U</b>			
		<b>Estadística</b>	<b>p</b>
Tiempo Mirada	Mann-Whitney U	834	0.916
<b>Levene's</b>			
	<b>F</b>	<b>df</b>	<b>df2</b>
Tiempo Mirada	6.43	1	81
			<b>p</b>
			0.013

Al comparar las variables de disposición de la señal (es decir, si en la pared o en el suelo), se observó una variabilidad significativa en los tiempos de respuesta en función de las distintas condiciones, como se representa en la Figura 52. Las señales estáticas colocada en el suelo o en la pared mostraron mediana de tiempo más eficiente, ya que requirió menos tiempo para que se adoptara la conducta (MD=1.20; MD=0.95, respectivamente), como mostrado en la Figura 53.

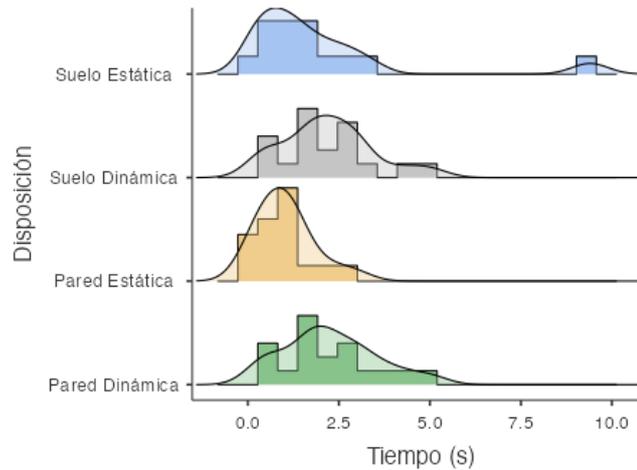


Figura 52. Atención Selectiva: variabilidad de tiempo suelo y pared. Fuente: la autora.

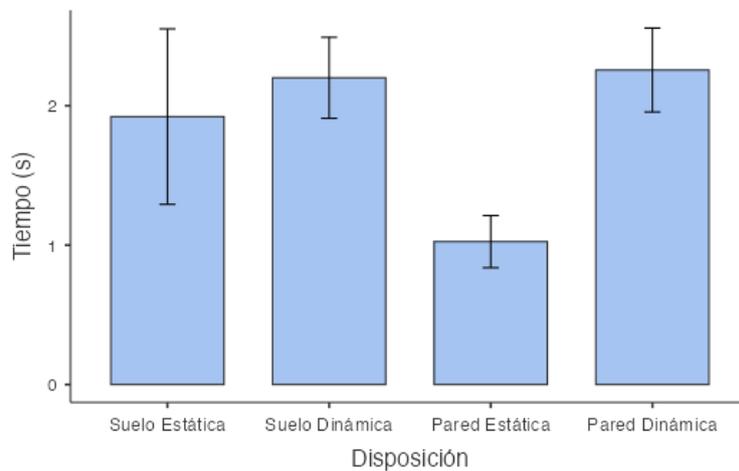


Figura 53. Box Plot atención selectiva suelo y pared. Fuente: la autora.

Para evaluar la normalidad de la muestra, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, cuyos resultados indicaron la falta de normalidad en los datos ( $W=0.82$ ,  $p<0.001$ ). Como alternativa al ANOVA, se utilizó la prueba H de Kruskal-Wallis para determinar si existían diferencias significativas en las medianas de las variables estudiadas. Los resultados revelaron que la

disposición de la señal afecta en el tiempo de respuesta cuando no hay una carga cognitiva  $H(3)=12.7$ ,  $p=.005$ , con un efecto relativamente fuerte, como puede ser observado en la

Tabla 44. Tras realizar el análisis post- hoc utilizando la comparación de pares Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF), percibimos que la disposición en suelo (MD=1.20) obtiene una mejor atención selectiva cuando comparada con una de pared (MD=2.10),  $W=4.2$ ,  $p=0.01$ ,  $W=4.3$ ,  $p=0.01$ .

Tabla 44. Resumen evaluación Kruskal-Wallis.

Kruskal-Wallis				
	$\chi^2$	df	p	$\epsilon^2$
Tiempo (s)	12.7	3	0.005	0.195

Para investigar la influencia del perfil del jugador en la atención selectiva, se llevó a cabo una comparación del tiempo de respuesta conductual ante las señales, tal como se representa en la Figura 54. Dado que los datos presentaron una distribución no normal, como indicó el análisis de normalidad de Shapiro-Wilk ( $W=0.80$ ,  $p<0.001$ ), se optó por utilizar la prueba de Kruskal-Wallis, seguida de un análisis post hoc utilizando la prueba DSCF.

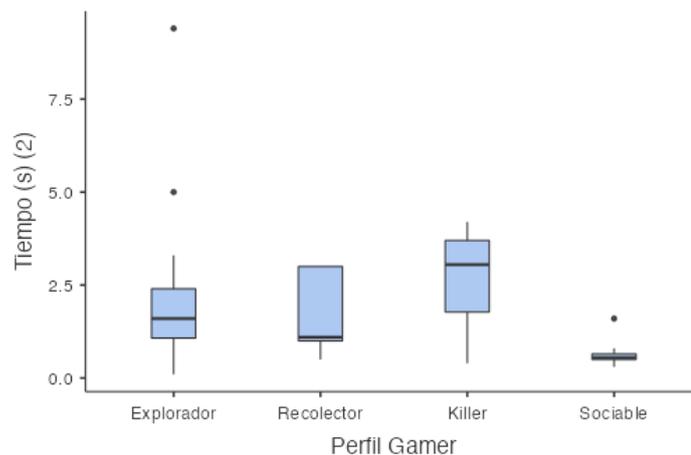


Figura 54. Box plot atención selectiva de los distintos perfiles jugador. Fuente: la autora.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de Kruskal-Wallis demostraron la existencia de diferencias significativas en el tiempo de respuesta entre los diversos perfiles de jugador,  $H(3)=13$ ,  $p=0.005$ , con un efecto de tamaño relativamente notable ( $\epsilon^2=0.21$ ), como puede ser observado en la Tabla 45. Las análisis descriptiva y de comparaciones de pares reveló que el perfil de jugador "Sociable" ( $MD=0.55$ ) requiere un tiempo de respuesta significativamente menor en comparación con los otros perfiles, ( $W=3.71, p=0.04$ ) mientras que el perfil "Asesino" demanda un tiempo de respuesta significativamente mayor ( $MD=3.05, W=4.2, p=0.01$ ). Estas diferencias se observan en las Tabla 46 y Table 47.

Tabla 45. Kruskal-Wallis: respuesta y perfil jugador

Kruskal-Wallis				
	$\chi^2$	df	p	$\epsilon^2$
Tiempo (s) (2)	13.0	3	0.005	0.217

Tabla 46. Descriptiva atención selectiva: por perfil jugador

	Perfil Jugador	Tiempo (s) (2)
Mediana	Explorador	1.60
	Triunfador	1.10
	Asesino	3.05
	Sociable	0.550

Table 47. Comparación de pares atencion selectiva

		W	p
Explorador	Triunfador	-0.0565	1.000
Explorador	Asesino	3.0873	0.128
Explorador	Sociable	-3.7125	0.043
Triunfador	Asesino	1.9439	0.516
Triunfador	Sociable	-2.6315	0.245
Asesino	Sociable	-4.2697	0.014

Este análisis respalda la idea de que el perfil del jugador puede influir de manera significativa en la velocidad de respuesta a las señales de atención selectiva, con el perfil "Sociable" demostrando un desempeño más rápido en comparación con el perfil "Asesino".

- Atención Dividida:

El objetivo de esta fase era evaluar qué estímulos de la señal permiten detectar y procesar la información mientras se realiza otra acción. Por lo tanto, se tuvo en cuenta la media temporal de las miradas de los usuarios hacia la señal, junto con su comportamiento, cuando se presentaba una carga cognitiva no neutra (realización de una acción obligatoria o toma de decisiones). En ese sentido, la solución óptima es aquella en la que se requiere poco tiempo para mirar la señal (siempre que sea > 0 s), junto con un comportamiento acorde con la ejecución de la acción requerida. Los resultados nos muestran un tiempo medio inferior para la variable dinámica con la variable LED blanco ( $M_{Dinámico}=1.8$ ;  $SD_{Dinámico}=2.3$ ) en comparación con la estática ( $M_{estático}=2.8$ ;  $SD_{estático}=2.6$ ) como puede ser observado en Tabla 48. La Figura 55 presenta el tiempo total que el usuario pasó mirando la señal antes realizar el comportamiento.

Tabla 48. Atención Dividida: tiempo mirada previo al comportamiento consonante

	Tipo	Tiempo (s)
Mediana	Estática	2.80
	Dinámica	1.85
Desviación estándar	Estática	2.69
	Dinámica	2.31

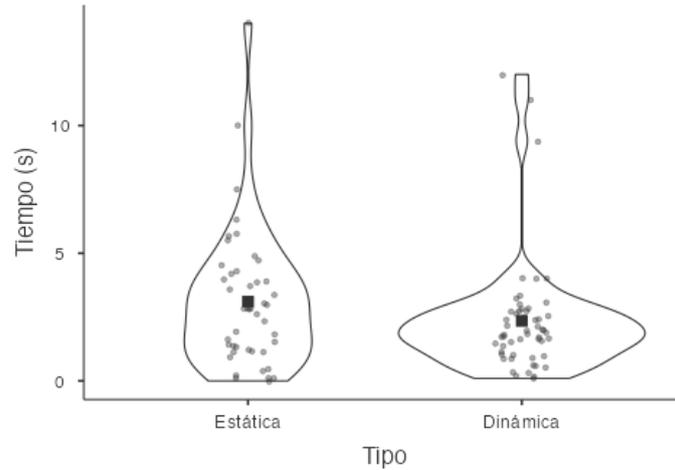


Figura 55. Gráfica Violín de tiempo antes de la acción del usuario. Fuente: la autora.

Después de obtener resultados no significativos en la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $W=0,78$ ,  $p<0,001$ ), se llevó a cabo la prueba de Mann-Whitney. Los resultados no arrojaron significación estadística, como se presenta en la Tabla 49.

Tabla 49. Significancia estadística atención dividida

	Estadística	p	Tamaño de efecto
Tiempo (s)	Mann-Whitney U	981	0.071
			Rank biserial correlation
			0.210

Al examinar los perfiles de los usuarios, se observó que el perfil sociable presentó el tiempo de respuesta más bajo ( $M=1.60$ ,  $SD=1.45$ ), mientras que el perfil explorador, de acuerdo con las expectativas, mostró un tiempo de respuesta más prolongado ( $M=2.60$ ,  $SD =2.83$ ), como se ilustra en la Tabla 50. En términos de la dispersión de los datos, el perfil sociable exhibió una mayor coherencia en sus tiempos de respuesta, como se evidencia en la Figura 56

Tabla 50. Análisis descriptivo: atención dividida perfil jugador.

	Perfil	Tiempo(s)
Mediana	Explorador	2.60
	Sociable	1.60
	Triunfador	1.80
	Asesino	1.80
Desviación estándar	Explorador	2.83
	Sociable	1.45
	Triunfador	3.48
	Asesino	1.16

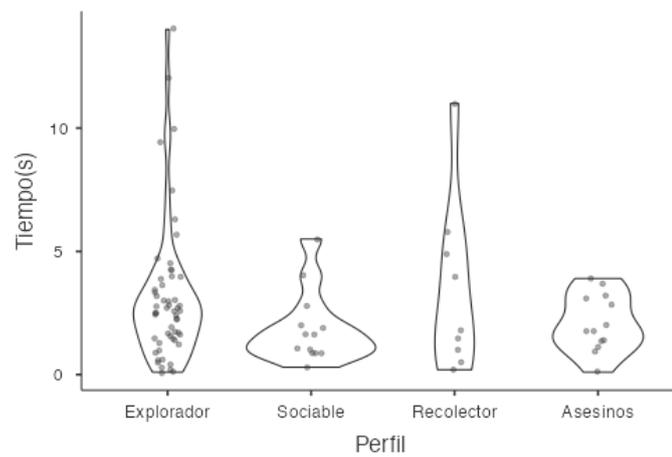


Figura 56. Consistencia de la muestra cuanto a atención dividida. Fuente: la autora.

Las pruebas de normalidad realizadas mediante la prueba de Shapiro-Wilk indicaron que los datos no cumplían con el supuesto de normalidad. Por consiguiente, se llevó a cabo un análisis no paramétrico para evaluar los tiempos de respuesta. El análisis de Kruskal-Wallis no reveló diferencias estadísticamente significativas ( $H(3)=3.3, p=0.33$ ) entre los perfiles en cuanto a los tiempos de respuesta.

#### 5.4.4 Resultado comprensión y recuerdo

Para analizar la memoria, se solicitó a los individuos que, después de salir de la inmersión, enumeraran las señales que recordaban, así como aquellas en las que habían

obedecido (es decir, aquellas en las que habían adoptado un comportamiento consonante). Se excluyeron las respuestas que no mencionaban la señal en sí y solo indicaban su ubicación (por ejemplo: "señal encima de la fotocopiadora"; "vi señales encima de máquinas que no parecían importantes").

Se observó que la señalización dinámica obtuvo un promedio de menciones más alto ( $M=0.41$ ;  $SD=0.49$ ) en comparación con la señalización estática ( $M=0.34$ ;  $SD=0.48$ ). Sin embargo, tras aplicar la prueba t de Welch, no se pudo rechazar la hipótesis nula ( $p_{two\ tail}=0.32$ ;  $>0.05$ ). La Tabla 51 muestra el porcentaje de menciones de cada cartel.

Tabla 51. Media de menciones de recuerdo

Cartel	Estática (%)	Dinámica (%)
Acción mandataria	10	28
Aviso con peligro visible	40	16
Aviso sin peligro visible	28	58
Aviso de peligro en suelo	56	76

Con relación a los perfiles de jugadores, los triunfadores presentan un grado más elevado de recuerdo en comparación con los demás perfiles, pero sin diferencias significativas, como puede ser observado en la Tabla 52.

Tabla 52. Recuerdo perfil jugador

	Perfil	Memoria
Mediana	Explorador	0.322
	Sociable	0.184
	Asesino	0.257
	Triunfador	0.370
Desviación estándar	Explorador	0.469
	Sociable	0.391
	Asesino	0.443
	Triunfador	0.492

### 5.4.5 Resultado satisfacción:

En este punto, nuestro objetivo fue evaluar la posible relación entre el grado de satisfacción del usuario con la señal y la presencia de variables tecnológicas, así como su disponibilidad. El resultado del análisis de Chi-cuadrado para las variables independientes reveló una asociación significativa entre la satisfacción del usuario y las variables examinadas,  $\chi^2(3,80) = 10.1$ ,  $p = 0.017$ . El valor de Cramer calculado fue de 0.35, indicando un efecto moderado.

En general, las señales con LED (variable tecnológica), es decir, las dinámicas, resultaron más satisfactoria para los usuarios ( $M=0.24$ ;  $SD=0.43$ ) en comparación con las estáticas ( $M=0.08$ ;  $SD=0.28$ ),  $t(326)=-6.95$ ,  $p<.001$ , como se puede observar en el gráfico a continuación (Figura 57. Satisfacción del usuario).

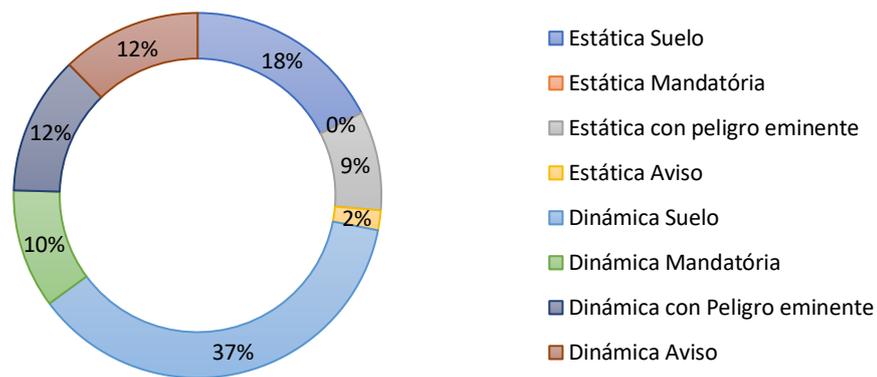


Figura 57. Satisfacción del usuario. Fuente: la autora.

Aunque la tabla de contingencia sugiere una preferencia por los LED amarillos ubicados alrededor de los pictogramas, como puede ser visto en la Tabla 53, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al color de la luz intermitente utilizada:  $U(78)=660$ ,  $p=.06$ .

Tabla 53. Tabla de contingencia: satisfacción de los usuarios

Satisfacción Señal		Señal				Total
		Blanca Extremidad	Blanca Pictograma	Amarillo Pictograma	Amarillo Extremidad	
Sí	Observado	3	3	10	3	19
	Esperado	4.75	4.75	1.75	4.75	19

Por otro lado, la disposición del LED en la señal resultó de gran importancia para los usuarios,  $H(3)=10$ ,  $p=.018$ , con un efecto moderado ( $\epsilon^2=0.12$ ). Según los datos recopilados, los usuarios mostraron un mayor interés por las señales que presentaban el LED ubicado alrededor del pictograma, como se puede observar en la Figura 58. Estos resultados están en línea con la relevancia de la representación gráfica en el procesamiento de información.

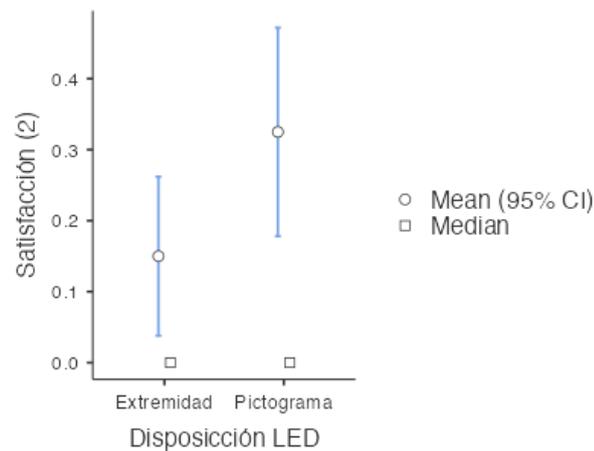


Figura 58. Satisfacción del usuario: disposición de los LED. Fuente: la autora.

Estos hallazgos sugieren que la elección de la disposición de los LEDs en las señales puede desempeñar un papel fundamental en la satisfacción del usuario y, por lo tanto, en la eficacia de las señales en contextos específicos

#### 5.4.6 Resultado comportamiento / conducta

Para evaluar si las características de personalidad del individuo tienen alguna influencia en su percepción o comportamiento ante la señal, se tuvo en cuenta el perfil de jugador del usuario, que incluye los exploradores, asesinos, triunfadores y sociables. En los análisis anteriores, ya hemos evaluado si esas características responden a alguna distinción de acción. En este punto, además de las evaluadas previamente, las señales sujetas al este análisis se dividen en estáticas y dinámicas, e incluyen aquellas ubicadas cerca de peligro inminente, una acción obligatoria y en proximidad de un peligro subjetivo, todas ellas presentadas en forma de pared. Es decir que para está análisis, se excluyeron las señaléticas de suelo.

Los resultados fueron analizados mediante la prueba t de Welch, diseñada para manejar varianzas desiguales, y cuyo detalle se encuentra en el apéndice 2-Estadísticas. La descripción detallada de la prueba estadística se presenta en la Tabla 54. El supuesto o hipótesis a aceptar en relación con las diferencias de media es: “El comportamiento y la conducta del individuo ante las señales (percepción, atención, satisfacción) en un entorno virtual gamificado difiere según el perfil del jugador”. Estos resultados servirán como base para abordar la pregunta de investigación H3PI2: “¿Puede el perfil de jugador del usuario influir en sus respuestas a las señales?”.

Tabla 54. Descripción estadística perfil jugador usuario.

	Ejes	Explorador		Sociable		Triunfador		Asesino	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Estático	Percepción	12.3	7.5	3	1.7	1.3	1.5	4	1
	Atención	3.4	2.7	0.3	0.5	0	0	1.8	0.4
	Comprensión y Recuerdo	9.3	3.7	1.3	1.1	0.6	0.5	3	5.2
Dinámico	Percepción	22	8.1	5	3	4.6	4.0	6	3
	Atención	3.8	1.1	3.0	4.5	4.2	1.1	3.4	1.4
	Comprensión y Recuerdo	12.3	5.77	2.6	2.3	1	0	2.6	3.0

El análisis de las medias utilizando la prueba t de Welch revela que, en términos de atención, las variables dinámicas resultan más eficaces. Los perfiles de jugador explorador y asesino muestran una mayor tendencia a prestar atención a estas variables (valor  $p_{one\ tail}=0.01$  y  $p_{two\ tail}=0.02$ ).

En cuanto a la percepción y el recuerdo, después de aplicar la prueba t de Welch, no fue posible rechazar la hipótesis nula, ya que los valores p de una cola y dos colas fueran superiores a 0.05.

## 5.5 Conclusiones

El objetivo de esta fase fue evaluar la influencia del modo de presentación de la señalización, así como el impacto del contenido en el comportamiento del usuario hacia ella en un entorno estresante. También se consideraron los rasgos de personalidad que podrían

influir en la interacción entre ambos elementos. Para llevar a cabo esta fase, se utilizaron medidas subjetivas y de comportamiento.

Basándonos en los resultados presentados, podemos concluir que *'Game for Safety'* ha demostrado ser una herramienta útil para evaluar el comportamiento de los usuarios en un entorno de riesgo, mejorando la fluidez las actividades. El entorno no solo motivó a los usuarios a participar en la actividad, sino que también permitió una visualización y evaluación efectivas de las consecuencias de sus decisiones, así como una mayor conciencia de los diferentes niveles de señalización y peligro.

A partir de los registros de desempeño en el entorno, las reacciones físicas, los comportamientos observados y las puntuaciones del cuestionario, abordamos las siguientes cuestiones relacionadas con el objetivo principal de esta tesis y mencionadas al principio de este capítulo:

- **H1PI2: ¿Es posible que el contenido de las señales que requieren acciones afecte la capacidad del individuo para recordar la información?**

Contrariamente a las nuestras expectativas, la realización de una acción obligatoria no se traduce en un aumento en el recuerdo del individuo. En cambio, la señal que indica simplemente el peligro y permite al individuo tomar su decisión genera un aumento en el recuerdo. Esto puede deberse al hecho de que al tomar una decisión el usuario reflexiona sobre el peligro y las posibles consecuencias que puede tener.

En general, y considerando la percepción y el recuerdo, se observa que los carteles dinámicos son más perceptibles en cualquier situación (diferentes niveles de carga cognitiva y grados de peligro). Sin embargo, en cuanto al recuerdo, no se obtuvieron resultados uniformes, mostrando una gran variabilidad entre el recuerdo de carteles dinámicas y estáticas, sin una uniformidad significativa.

Una vez más, se destaca la importancia de las imágenes. Al mencionar los nombres de las señales, muchos usuarios decían lo que mostraba la imagen (por ejemplo, en la señal de "fuera de servicio", decían "no tocar" o "peligro de atrapamiento" o "cuidado con las máquinas"), lo que confirma que prestan más atención a la imagen que al texto. Esto respalda la relevancia de las imágenes en el proceso de comunicación. Es importante destacar que, a percibir las imágenes, los usuarios adoptaron un comportamiento cauteloso: miraron a su

alrededor en busca de peligro, mientras que en otras ocasiones simplemente pasaron rápidamente para cumplir la tarea de salir lo antes posible.

Además, teniendo en cuenta los datos obtenidos con los experimentos y nuestra pregunta de investigación, podemos llegar a las siguientes afirmaciones para nuestra cuestión:

- **H3PI1: ¿Tiene la modalidad de presentación de la señal y las características individuales del jugador efecto en sus reacciones ante las señales de seguridad?**

En términos de percepción, se observa que dotar a las señales con recursos tecnológicos y hacerlas dinámicas, provoca un aumento en su percepción, principalmente en condiciones de riesgo medio y bajo. Lo mismo ocurre en un entorno con distractores presentes (si se coloca un elemento llamativo junto a la señal, ésta se vuelve más visible se llama más la atención). Sin embargo, en lo que respecta a la atención simultánea a la realización de la tarea, las variables no mostraron diferencias significativas entre ellas.

Un aspecto destacado que llamó nuestra atención es la gran importancia de la ubicación de las señales. Estas deben estar ubicadas de manera que sean visibles sin necesidad de mover la cabeza para buscarlas, especialmente en el caso de las señales estáticas. En nuestra opinión, esto está relacionado con la facilidad de localizar las señales cerca de la fuente de peligro y tener un acceso fácil a la información.

Para abordar nuestra tercera pregunta de investigación, cruzamos los datos procedentes de las tres etapas experimentales, lo que nos permitió obtener los siguientes puntos:

- **H3PI2 ¿Puede el perfil de jugador del usuario influir en sus respuestas a las señales?**

El análisis de los datos obtenidos a través de las grabaciones muestra que los individuos con perfil triunfadores tienen menor grado de percepción, pero alto grado de recuerdo del entorno en su conjunto, incluyendo las señales, aunque, muestran una mayor atención hacia la señalización. Los exploradores, tienen elevado grado de percepción de las señales, pero reducida atención dividida. Por otra parte, los individuos sociables prestan mucha atención a las características de las señales y obtienen un gran aumento cuando éstas están dotadas de artefactos tecnológicos, y los asesinos tienen un comportamiento muy consistente independientemente de la variable. Asimismo, aquellos individuos más susceptibles a fallos cognitivos en situaciones de estrés tienden al prestar mayor atención a todas las señales.

Este experimento fue el cierre del marco experimental de la investigación. A partir de aquí se generarán un protocolo para diseño de señalización y de entornos gamificados para entrenamiento en seguridad laboral, así como el enfoque final de las conclusiones, contribuciones, limitaciones y trabajo futuro de la investigación doctoral realizada.

## Capítulo 6: Protocolo de señalización de seguridad y de simulador de realidad virtual

El Protocolo de Señalización de Seguridad tiene como objetivo proporcionar orientación sobre las características más relevantes a tener en cuenta al implementar las herramientas que forman parte del proceso de comunicación de seguridad en el trabajo y notificación de accidentes. Sin embargo, para que la señalización sea eficaz, es de gran importancia capacitar a los trabajadores sobre su uso y sobre la seguridad en el trabajo, además de evaluar su eficacia sin poner en riesgo a los individuos. En este sentido, los Juegos Serios de Realidad Virtual (VRSG, por sus siglas en inglés: *Virtual Reality Serious Games*) adquieren relevancia.

Por lo tanto, en este capítulo se describirán los principales hallazgos encontrados a lo largo de esta investigación, relevantes para la elaboración de un proyecto de diseño iconográfico de señales de seguridad y el desarrollo de un simulador inmersivo para el entrenamiento en una situación simulada de accidente. Así, este capítulo se dividirá en dos temas principales: el primero relacionado con las señales de seguridad y el segundo con el simulador inmersivo.

### 6.1 Protocolo de señalética de seguridad de trabajo

#### 6.1.1 Ubicación

La ubicación de la señalización es reconocida como uno de los factores que ejercen influencia en la efectividad de la información relacionada con la seguridad. Esta posición desempeña un papel significativo en la provisión de información necesaria, sin redundancias,

precisa y pertinente al individuo. Para lograr este objetivo, es esencial considerar los siguientes puntos:

- Las señales deben colocarse estratégicamente cerca del peligro al que se refieren, teniendo en cuenta la necesidad de proporcionar la información con suficiente antelación para que pueda ser comprendida, conforme se representa en la Figura 59.

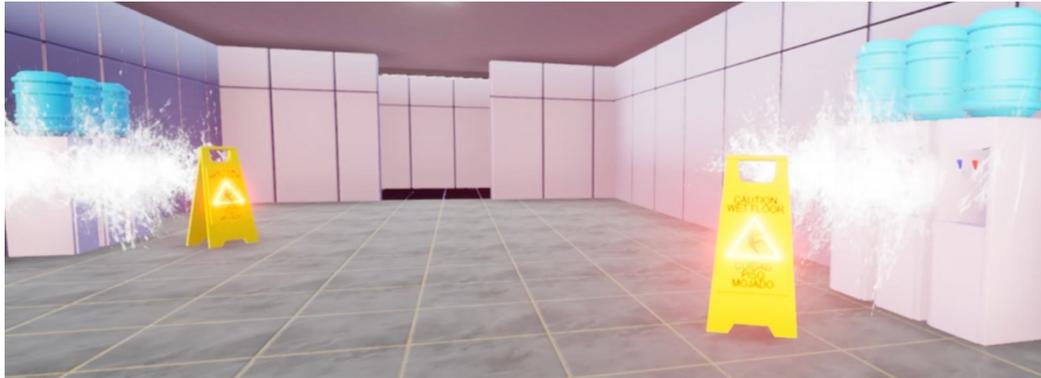


Figura 59. Ejemplo de disposición de señal cerca del peligro. Fuente: la autora.

- Para definir el área de la señal a una distancia hasta 50 m, se debe considerar la relación expresada por la fórmula  $A^3 \geq L^2/2000$ , donde A representa el área mínima del panel y L es la distancia máxima a la que puede ser comprendida (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2009). Siguiendo esta fórmula, se puede obtener, los datos como expuesto en la Tabla 55, por ejemplo:

Tabla 55. Relación tamaño y distancia de los paneles

Distancia (m <sup>2</sup> )	Área mínima del panel (m)	R. Círculo (cm)	L. Cuadrado(cm)	L. Triángulo (cm)
50	1,25	63,1	112	170
40	0,8	50,5	89	136
30	0,45	37,9	67	102
20	0,2	25,2	45	68
10	0,05	12,6	22	34

- Su ubicación debe respetar la zona de visión del usuario, lo que significa que debe estar a una altura y posición en la que el usuario no tenga que mover la cabeza para encontrarla, siempre que sea posible, manteniendo la mirada compartida con la trayectoria del usuario, es decir, el usuario no debe tener que girar la cabeza hacia

la señal para percibirla. En el caso de señales que deben ser presentadas a corta distancia, al menos a 10 metros, lo ideal es posicionarlas a partir de 1,80 metros del suelo (pero pueden estar entre 1,50 y 2,50 metros);

- Se requiere llevar a cabo inspecciones regulares con el propósito de preservar la integridad de la señalización utilizada, con el fin de prevenir la presencia de factores que puedan afectar su visibilidad, identificación y comprensión (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2009);
- Las señales de suelo tipo caballete son muy flexibles, ya que pueden ser colocadas directamente en el suelo sin necesidad de una pared de apoyo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que pueden convertirse en obstáculos durante la evacuación, especialmente cuando las condiciones de visibilidad son reducidas, lo que podría resultar peligroso en caso de colisiones.

### 6.1.2 Estructura y configuración

La maquetación de las señales ayuda a que la información sea fácil de entender, legible y se interprete correctamente. En momentos de estrés y accidentes, debemos tener en cuenta que una información correcta y convincente lo antes posible ayudará a minimizar los daños. En este sentido, destacamos las siguientes sugerencias:

- En una zona de acceso que requiera advertir sobre diversos aspectos de seguridad, las señales deben ser categorizadas y agrupadas según su tipo de información o función correspondiente. Por lo tanto, las señales de prohibición deben ser colocadas en conjunto, seguidas por las señales de advertencia y, a continuación, por las señales obligatorias, como se ilustra en la Tabla 56. Sin embargo, es importante asegurarse de que dichas agrupaciones no generen interpretaciones erróneas.

Tabla 56. Agrupación de la información

Mala agrupación de múltiples señales	Tipo de información visual recibida	Correcta agrupación de múltiples señales	Tipo de información visual recibida
 <p>8</p>	<p>Prohíbe; advierte sobre el peligro; prohíbe</p>	 <p>9</p>	<p>Advierte el peligro; y enseguida prohíbe.</p>
 <p>10</p>	<p>Describe una acción obligatoria; prohíbe; describe una acción obligatoria</p>	 <p>11</p>	<p>Prohíbe; describe una acción obligatoria</p>
 <p>12</p>	<p>Advierte peligro; describe una acción obligatoria; advierte peligro</p>	 <p>13</p>	<p>Advierte peligro; describe una acción obligatoria</p>
 <p>14</p>	<p>Prohíbe; advierte peligro; prohíbe</p>	 <p>15</p>	<p>Prohíbe; advierte peligro</p>
 <p>16</p>	<p>Prohíbe; advierte peligro; prohíbe; describe una acción obligatoria</p>	 <p>17</p>	<p>Describe una acción obligatoria; advierte peligro; prohíbe; prohíbe</p>

<sup>8</sup> Fuente: la autora

<sup>9</sup> Fuente: la autora

<sup>10</sup> Fuente: Sherratt, 2006

<sup>11</sup> Fuente: Fundación Laboral de la Construcción, 2010

<sup>12</sup> Fuente: dreamstime

<sup>13</sup> Fuente: sinalux.eu

<sup>14</sup> Fuente: siderugicasevillana.com

<sup>15</sup> (Escuela de Oficios, 2020)

<sup>16</sup> Fuente: Porto Canal, 2013

<sup>17</sup> Fuente: la autora

- Se debe dar preferencia al fondo blanco para el panel de mensajes, ya que esto aumenta el contraste y permite una mayor distancia de visión, como puede ser observado en la Figura 60.



Figura 60. Señal con fondo amarillo y fondo blanco (más contraste). Fuente: la autora

- Se deben utilizar imágenes para representar conceptos concretos (Wogalter et al., 2002). En la representación de conceptos abstractos, los pictogramas son menos eficaces (Murray et al., 1998).
- Se debe dar preferencia a imágenes universales y normatizadas (Figura 61), que sean conocidas por los usuarios, de modo que no tengan que dedicar tiempo a identificar su significado y puedan comprender rápidamente el mensaje.



Figura 61. Uso de cascos: pictograma no normatizado(Fuente:dreamstime) vs. normatizado ISO (Fuente ISO 7010:2021)

- En caso de que no sea posible utilizar pictogramas estandarizados o cuando se esté diseñando uno nuevo, es importante tener en cuenta los siguientes:
  - Los pictogramas deben ser lo más simples posible, evitando detalles innecesarios que puedan dificultar o enmascarar su comprensión, pero al mismo tiempo deben proporcionar la información suficiente para su entendimiento.

- Se requiere la evaluación del comportamiento y la comprensión de los usuarios, considerando los umbrales mínimos de percepción que deben ser alcanzados para su validación, conforme a las directrices establecidas por las agencias regulatorias. Estos valores se sitúan en al menos un 67% (de acuerdo con BS 3641-1) y un 85% (según ANSI Z 535) de la población general.
- Las imágenes deben estar delimitadas, y se prefiere el uso de imágenes fechadas o con bordes, en cambio de las sin bordes, como puede ser observado en la Figura 62.



Figura 62. Ejemplo de imagen abierta (izquierda) y cerrada (derecha). Fuente: SETON, 2023

- Las señales que contienen tanto texto como pictogramas se retienen más fácilmente, pero aquellas que solo tienen pictogramas son más efectivas en términos de respuesta rápida. Por lo tanto, una buena solución sería iluminar solo los pictogramas en el momento de un accidente (cuando se necesita una respuesta muy rápida), y en otros momentos mostrarlos uniformemente sin utilizar LED. La Figura 63 presenta una variación de una señal compuesto de texto-pictograma y otro de texto.



Figura 63. Señalética pictograma y texto, señalética pictograma. Fuente: la autora.

- Es necesario recalculer el contraste entre la fuente, la imagen y el fondo, ya que la luminosidad afectará al contraste de la versión dinámica;

- Cuando se utilizan palabras, es importante tener en cuenta que tienen el poder de agregar un grado de gravedad a una advertencia. Por lo tanto, se deben utilizar palabras como "Peligro" cuando se desea transmitir un mayor grado de gravedad, y palabras como "Atención" o "Precaución" para indicar un menor grado de riesgo. Se deben utilizar letras de imprenta;
- Los textos deben tener un buen contraste para ser visibles y fáciles de leer. Se debe dar preferencia al uso de negrita en lugar de mayúscula para el contraste, ya que la negrita tiene más potencial de recuerdo que las letras en mayúsculas. El tamaño de la letra debe ser lo suficientemente grande para que la mayoría de los usuarios puedan leer el texto sin problemas. Se debe dar preferencia a la fuente palo seco o sans serif (sin remate y terminales) en lugar de la cursiva y serif, como puede ser observado en la Figura 64.

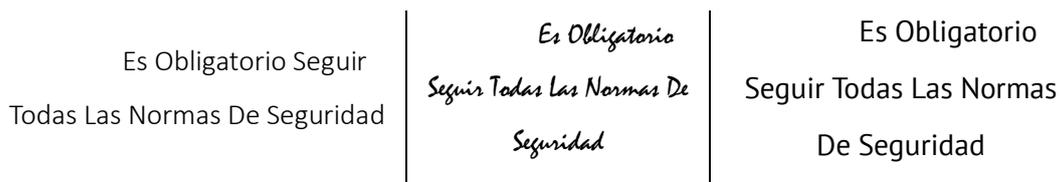


Figura 64. Fuente serif; cursiva y fuente sans serif (más indicada para carteles de seguridad). Fuente: la autora

- Es importante dar preferencia al texto explícito en lugar del texto no explícito, como puede ser observado en Figura 65. De esta manera, se proporciona al individuo información más clara sobre los riesgos y las consecuencias, lo que permite una toma de decisiones más consciente.



Figura 65. Texto no-explicito vs. explícito (Laughery, 2006)

- Con relación a disposición del texto, la preferencia recae en el formato de lista en lugar de un formato de párrafos continuos (Figura 66). Esta elección se fundamenta en la percepción de que el formato de lista es más sencillo de procesar y comprender rápidamente, como se ha sugerido en investigaciones previas (Towner,

2019). Además, se ha demostrado que el formato de lista tiene la capacidad de mantener la atención del lector durante períodos más prolongados y de inducir un mayor grado de comportamiento, como han señalado estudios anteriores (Wogalter & Shaver, 2001; Laughery, 2006).

DESPUÉS DE QUE EL INCENDIO SE HAYA APAGADO:	DESPUÉS DE QUE EL INCENDIO SE HAYA APAGADO:
No conecte la energía eléctrica ni enchufe ningún artefacto hasta que se haya limpiado completamente el área. Es muy importante retirar el polvo de los equipos eléctricos después de un incendio. Si el polvo se moja, puede conducir electricidad.	-No conecte la energía eléctrica ni enchufe ningún artefacto hasta que se haya limpiado completamente el área.  -Retire el polvo de los equipos eléctricos. Si el polvo se moja, puede conducir electricidad

Figura 66. Texto formato párrafos continuos vs. texto formato lista. Fuente: Firstalertstore, 2011 y a autora

- Cuando se abordan las consideraciones relacionadas con la utilización de colores, resulta esencial enfocar la atención en los aspectos relativos a los contrastes y las connotaciones asociadas a los mismos. Un incremento en el nivel de contraste tiende a atraer una atención más acentuada, facilitando al mismo tiempo el proceso de memorización y sugiriendo la percepción de profundidad, distancia y tridimensionalidad. La Tabla 57 a continuación, presenta los colores de mayor frecuencia de uso, junto con sus respectivos significados, así como la indicación de contraste y paridad (que representa la habilidad de un color para combinar con otro), teniendo en cuenta la cultura occidental.

Tabla 57. Psicología de colores.

Color	Significado	Capacidad de retener la atención	Permite buen contraste con	Paridad con
Rojo	Inseguro, parar, peligroso, corazón, caliente, alarma, pérdida financiera, error, incendio	Buena	Blanco	Verde
Amarillo	Peligro, atención, precaución, riesgo, estado anormal, aceite, vía de evacuación, indicador de dirección	Buena	Negro, Azul oscuro, verde	Blanco

Verde	Seguro, encendido, seguir, correcto, estado normal	Mala	Blanco	Rojo
Azul Claro	Frío, agua	Muy Mala	Negro	Amarillo
Azul Oscuro	Consulta, agua	Mala	Blanco	Amarillo
Magenta	Estado de alerta	Buena	Blanco	-----
Blanco	Vapor, paz, prosperidad	Mala	Verde, negro, rojo, azul oscuro, magenta	Azul claro y amarillo
Negro	Colector de residuos, combustibles de alta viscosidad, inflamables	Mala	Blanco, azul claro y amarillo	-----

- En temas relacionados con la protección contra incendios y la extinción de incendios, se debe utilizar el color rojo. Sin embargo, se debe evitar enfatizar los peligros utilizando únicamente el color rojo, ya que tiene una visibilidad más baja en comparación con los colores amarillo, verde y blanco.

### 6.1.3 Tecnología.

En la búsqueda constante de mejorar la seguridad y prevenir accidentes, hacer uso de los avances tecnológicos posibilita un incremento de la señalética. La correcta implementación de la tecnología en los señales desempeña un papel crucial en la prevención de accidentes. Reconociendo el papel que desempeña la señalización en la orientación y advertencia en entornos diversos, estas recomendaciones buscan optimizar la utilización de herramientas tecnológicas para fortalecer la eficacia de los sistemas de señalización. La implementación adecuada de la tecnología en este ámbito no solo contribuye a una comunicación más clara y rápida, sino que también desempeña un papel fundamental en la prevención de accidentes. A través de estas recomendaciones se ofrecen directrices concretas para maximizar el potencial de la tecnología en la señalética, enfocándose en la seguridad y bienestar de quienes interactúan con dichos sistemas.

- En situaciones de mucho estrés o cuando la advertencia no se utiliza la mayor parte del tiempo, las señales dinámicas son beneficiosas, ya que llaman la atención sobre la advertencia;
- El uso de LED es importante para aumentar la percepción de los paneles en un entorno estresante, independientemente del color de utilizado. Teniendo esto en cuenta, y considerando el hecho de que las personas pueden estar acostumbradas

a una señal estática y, en momentos de estrés y/o alta carga cognitiva, pueden no notar o ver la señal que siempre está presente, se antoja más eficaz adoptar el uso de LED de manera no permanente. En este sentido, el uso de tecnologías inteligentes que activen los LED en caso de un accidente sería la aproximación más adecuada con el fin de aumentar la percepción de la señal;

- En este tipo de señales, es aconsejable situar los LEDs alrededor del pictograma para resaltar la información que se procesa más fácil y rápidamente, sin tapar dicha información;
- La velocidad óptima de parpadeo de las luces intermitentes es de aproximadamente 4 parpadeos por segundo, con intervalos iguales de tiempo de encendido y apagado (Wogalter, 2006);
- Cuando no se utilicen LEDs, se debe dar preferencia a los bordes gruesos y de colores en lugar de los bordes finos o sin bordes (Cavalcanti & Soares, 2012). Los bordes gruesos atraen más la atención del usuario que los finos (Wogalter et al., 2002). Por otro lado, los LED llaman más la atención que los bordes gruesos (Hui et al., 2014). La Figura 67 presenta las distintas formas de presentación de los bordes.



Figura 67. Señalética con LED's, con bordes gruesas, sin bordes. Fuente: CJX, SETON; Wikipedia

- El atributo dinámico proporcionado por una variable auditiva también puede indicar diferentes niveles de urgencia mediante el uso de diferentes velocidades y tonos. Por ejemplo, el uso de un tono más agudo con una velocidad más rápida produce la percepción de un nivel de peligro más grave, mientras que el mismo sonido presentado con un tono más grave y una velocidad más lenta se percibe como un peligro de menor magnitud (Hollander & Wogalter, 2000);
- Cuando las señales son de tipos “smarts”, su visibilidad debe ser gestionada en función de las necesidades y las condiciones ambientales en el momento de su uso.

Además, se requiere que sean adaptables y flexibles (ajuste de información al perfil del usuario, por ejemplo), de manera que pueda adaptar el mensaje que transmiten en concordancia con las circunstancias presentes en su entorno en este instante;

- En términos de cuestiones energéticas, las señales deben ser autosuficientes y no depender de ningún soporte externo. Esto garantiza que un fallo eléctrico no afectará su funcionamiento.

## 6.2 Protocolo para el diseño de juegos serios inmersivos para seguridad de trabajo

Para capacitar adecuadamente a los individuos en la toma de decisiones en situaciones emocionales y estresantes, así como en las consecuencias físicamente inadecuadas de un accidente o riesgo inminente, el uso de los juegos serios de RV inmersiva (IVRSG, del término inglés, *Immersive Virtual Reality Serious Games*) cobra relevancia. Sin embargo, para lograr resultados efectivos, es necesario tener en cuenta los factores que influyen en momentos estresantes.

Además, aunque existe consenso sobre el potencial educativo de los IVRSG, no hay una referencia clara sobre los aspectos a considerar al desarrollarlos para que sean entretenidos y transferibles al mundo real, alcanzando los objetivos deseados (Soler-Dominguez,2020). Por lo tanto, a continuación, se ofrecen recomendaciones para la creación y desarrollo de un entorno virtual inmersivo que permita la formación en seguridad laboral sin poner en riesgo al trabajador:

1. Impacto: Es importante tener en cuenta la calidad de la formación. No se trata solo de la cantidad de formación, sino del impacto que tenga en el empleado. Es necesario equilibrar la diversión y la educación para evitar que el juego sea aburrido o no se logre ningún aprendizaje significativo.
2. Adaptabilidad: El contenido del IVRSG debe ser adecuado para el público objetivo y flexible para adaptarse al usuario. Se deben incorporar niveles de dificultad creciente en las tareas y en la interacción con el juego, como ajustar la velocidad, por ejemplo.

3. Perfil jugador: Hay que tener en cuenta que el perfil jugador ejerce influencia tanto en el comportamiento, las respuestas, el desempeño y en la motivación de cada usuario, por lo cual es ideal tener en cuenta algunas directrices:
  - a) El perfil **socializador**: además de motivar con la interacción con los demás individuos, es también el perfil con mejor capacidad de atención sea dividida o selectiva, y necesitan menor tiempo para adoptar de comportamiento coherentes.;
  - b) Los exploradores, tienen un grado más elevado de percepción, pero tardan más a adoptar un comportamiento consonante. Los dos perfiles podrían trabajar en colaboración con la posibilidad de optimizar el rendimiento en un entorno de entrenamiento;
  - c) Para los perfiles asesino y triunfador, es de gran importancia la retroalimentación continua;
  - d) El perfil asesino se motiva con el enfrentamiento y la competencia. Por otro lado, requieren más tiempo para adoptar comportamientos coherentes con las señales preventivas. De esa manera, el entorno de entrenamiento para ese perfil debe ser muy centrado en acciones.
4. Narrativa y experiencia interactiva: El entorno virtual debe tener una narrativa relevante y métodos de interacción que permitan al jugador tomar decisiones. También se debe facilitar alguna forma de interacción o relación con otros jugadores.
5. Narrativa realista: En el caso de la formación en seguridad laboral con trabajadores, se debe preferir el uso de una narrativa realista en lugar de la fantasía. Esto ayuda a que los usuarios se identifiquen más fácilmente con las situaciones y aumenta la relevancia de la formación.
6. Diseño motivador: Prestar atención al diseño de las tareas y su ejecución para que resulten motivadoras, con desafíos interesantes similares a los que se encontrarían en el mundo real.
7. Intuitividad: Es fundamental que la interacción en el entorno virtual sea intuitiva para evitar que el usuario se enfoque más en descifrar cómo funciona en lugar de prestar atención a lo que sucede en el entorno.

8. Interacciones corporales: Fomentar la manipulación y las interacciones corporales en el entorno virtual, ya que esto aumenta el aprendizaje y la sensación de realismo.
9. Elementos sorpresa: El entorno virtual no debe ser predecible. Debe incluir elementos de sorpresa para mantener al usuario comprometido y enganchado.
10. Duración adecuada: La duración ideal de la inmersión en el IVRSG depende de la experiencia y el objetivo, pero generalmente no debe superar los 30 minutos. Lo ideal es que esté entre 15 y 20 minutos. Si no es posible reducir el tiempo y supera los 30 minutos, se deben incluir pausas de descanso planificadas durante la experiencia.
11. Perspectiva en primera persona: El juego debe ser en primera persona para crear un mayor compromiso y sentido de presencia en el usuario.
12. Modo lineal: Se recomienda utilizar un modo de juego lineal para facilitar el aprendizaje. Este enfoque proporciona mayor precisión y una curva de aprendizaje más accesible.
13. Momento inicial de inmersión: Es esencial contar con un momento inicial de inmersión en el que los usuarios puedan familiarizarse con los mecanismos y las mecánicas del entorno antes de comenzar el entrenamiento. Cada individuo es único, por lo que se debe permitir a los usuarios elegir el momento en el que se sientan cómodos y preparados para iniciar la inmersión.
14. Sala de adaptación al entorno: La fase inicial de la inmersión, que precede a la formación, requiere la presencia de elementos que se asemejen al entorno virtual en términos de disposición y secuencia de comandos utilizados en dicho entorno. Este enfoque facilita al usuario la transición fluida de un estado a otro. No obstante, es crucial ser cauteloso para no comprometer el elemento sorpresa, el cual desempeña un papel fundamental en la experiencia de juego.
15. Espacio físico adecuado: Para la experiencia inmersiva a pie, es importante considerar el espacio físico en el que se desarrollará la formación. Se recomienda proporcionar un mínimo de 2 metros de ancho por 1.5 metros de largo como zona de confort para que el usuario pueda moverse de la forma más natural posible (según las recomendaciones de Vive, 2018).

16. Inducción de la emoción de estrés: Dentro del entorno virtual, se pueden utilizar elementos visuales para inducir la emoción de estrés. Esto incluye la repetición de elementos, la presión por algo o el uso de un exceso de elementos. Estas técnicas no son excluyentes y deben utilizarse de acuerdo con las necesidades del proyecto y el perfil del usuario. Además, también se pueden utilizar elementos audibles como sonidos de fuego, gritos de personas o la rotura de estructuras para aumentar la intensidad emocional de la formación.
17. Configuración y apariencia del entorno: Se debe prestar especial atención a la configuración y apariencia del espacio virtual para aumentar la sensación de estar en un entorno de accidente. Utilizar elementos que enriquezcan el entorno con información y objetos comunes a la realidad del participante contribuirá a una mayor inmersión y comprensión de la formación.

Estas recomendaciones ayudarán a garantizar que el IVRSG para la formación en seguridad laboral sea efectivo, realista y satisfactorio para los usuarios sin comprometer la seguridad y el bienestar del individuo

### 6.3 Conclusiones

En este capítulo se ha presentado una guía que ofrece orientación en la selección de los atributos de la señalización, así como recomendaciones para su instalación. Además, se han abordado aspectos relevantes relacionados con el diseño y desarrollo de Realidad Virtual Serious Games Inmersivo (IVRSG) enfocados en temas de seguridad laboral.

Un elemento de suma importancia radica en considerar la situación específica y aprovechar las ventajas inherentes a cada enfoque. Por ejemplo, en el caso de la señalización dinámica, se desaconseja su utilización indiscriminada en entornos cotidianos, dado el riesgo de que se convierta en un elemento común y se pierda su efectividad. Por otro lado, en el contexto de los IVRSG, resulta crucial promover la participación activa del usuario, involucrándolo como agente principal en la experiencia. Utilizar la tecnología únicamente con fines de visualización carece de sentido, sobre todo en entornos de aprendizaje.

Cabe destacar que la guía presentada no pretende ser una fórmula inflexible, sino más bien un marco de referencia adaptable a cada proyecto, teniendo en consideración los

requisitos y usuarios a los que se desea llegar. Es fundamental que cada proyecto tenga en cuenta las particularidades propias de su contexto y realice los ajustes necesarios en función de dichas circunstancias, con el objetivo de obtener los mejores resultados posibles.

## *Capítulo 7: Conclusiones y futuros trabajos*

Una señalización eficaz llama la atención, suscita conciencia y permite un comportamiento conforme. Las mecánicas de juego, directamente vinculadas a los deseos humanos, se destacan como herramientas para la formación, evaluación y mejora. La Realidad Virtual (RV) facilita el aprendizaje sin riesgo, permite evaluar el impacto de una acción o decisión incorrecta y crea un entorno de instrucción inteligente.

La gamificación, como enfoque motivador, amplifica la manifestación del comportamiento emocional. La usabilidad se relaciona con la facilidad de uso de un producto por parte de un individuo, cuya evaluación se basa en la calidad de la manipulación y la eficacia, eficiencia y satisfacción en la consecución de objetivos específicos. Por otro lado, el concepto de experiencia de usuario, popularizado por Don Norman, abarca las emociones y aspectos significativos de la interacción entre el usuario y las máquinas o servicios. La combinación de usabilidad y experiencia de usuario proporciona información valiosa sobre la interacción con el usuario, permitiendo ajustar, rediseñar y mejorar el sistema según la opinión y el perfil del usuario final. Al incorporar elementos de gamificación a este enfoque, se potencia la emoción, la motivación y la creatividad de los usuarios, fomentando la expresión de sus necesidades y deseos. El objetivo fundamental de las actividades gamificadas es crear un contexto significativo que estimule el interés por el aprendizaje desde una perspectiva científica.

La RV es utilizada tanto en investigación científica, como en producción comercial y permite generar situaciones que en la vida real serían improbables, peligrosas, difíciles de controlar o muy costosas. Sin embargo, los procesos de adopción de estas tecnologías requieren atención para posibilitar su uso adecuado, potenciar su carácter flexible, generar la reflexión, y promover la prevención.

Teniendo eso en mente, está investigación titulada “Un enfoque neuroeducativo en la integración de tecnologías de Realidad Virtual en el desarrollo de juegos serios: Caso de

estudios en el ámbito de la Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales” presenta aspectos de un entorno virtual inmersivo gamificado que utiliza cascos de Realidad Virtual con fines de seguridad laboral. También se exploran las posibilidades del uso de tecnologías para la mejora de la señalización de seguridad (IoT y LEDs). El sistema propuesto ayuda a recopilar datos más fiables sobre el comportamiento y la toma de decisiones del individuo ante diferentes formas de presentación cuando se encuentra en un entorno estresante.

De esa manera, se presentan una serie de experimentos que tratan de comprender la respuesta de los sujetos ante una determinada situación de riesgo, frente a la señalización. En concreto, este trabajo pretendía evaluar los cambios de comportamiento generados por las variables de una señalización, así como el uso de RV como herramienta de evaluación conductual y entrenamiento de seguridad.

A partir de los datos recogidos y analizados en el transcurso de esta investigación, y en respuesta a las necesidades identificadas en trabajos previos, la tesis ha propuesto los principios a utilizar para facilitar el uso de la señalización de seguridad y su eficiencia, así como la adopción del juego serio inmersivo para la formación en prevención de riesgos. Dentro de este contexto, el modelo elaborado confiere al usuario la capacidad de evaluar sistemáticamente el impacto resultante de sus decisiones y acciones durante el proceso formativo. Este sistema habilita, entre otros aspectos, la adquisición de conocimientos mediante la ejecución de acciones concretas y la visualización de las relaciones causa-efecto inherentes a dichas acciones.

En un principio, nuestro objetivo era desarrollar uno entorno inmersivo flexible en el que se evaluaran tres aspectos de la realidad inmersiva: usabilidad de navegabilidad, personalidad frente el riesgo y eficiencia de la señalética. Sin embargo, al abordar la población objetivo, nos dimos cuenta de que el entorno inicial no coincidía con sus deseos y necesidades debido a la falta de caracterización. Aunque la finalidad de dicha carencia de caracterización fuese la flexibilidad de uso múltiple, no se correspondía a los deseos de los usuarios, cuya voz siempre fue uno de nuestros objetivos. Por lo tanto, respetando el resultado de la consulta con ellos y utilizando métodos de co-creación, eliminamos la falta de caracterización y optamos por ofrecer una narrativa que reforzara la presencia y actuación natural del participante.

En este último capítulo de la tesis, describiremos las conclusiones generales del trabajo desarrollado al largo de la investigación doctoral. La estructura de este capítulo se centrará en los elementos significativos de la investigación: el entorno virtual gamificado y la señalización

de seguridad. El capítulo se estructura de la siguiente forma: (1) las contribuciones, que retomarán los resultados obtenidos en respuesta a las hipótesis y objetivos planteados en el capítulo 1; (2) las limitaciones del estudio, principalmente debido a las restricciones técnicas o decisiones metodológicas; (3) los trabajos futuros, que representa el siguiente paso en la línea de experimentación que se ha expuesto.

## 7.1 Contribuciones

Con relación a los objetivos planteados, las contribuciones principales de esta tesis son:

- **O1: Estudiar cómo se están implementando los avances tecnológicos en el campo de la seguridad en el trabajo y la prevención de riesgos laborales;**

Este objetivo se abordó en la fase de revisión bibliográfica. Se trató de una búsqueda cuyos criterios de inclusión fueron:

- Señalización y nuevas tecnologías;
- Realidad Virtual para formación y seguridad – manteniendo en un primer momento todos los niveles de Realidades Extendidas con la intención de recopilar cuánto y cómo se estaba implementando cada tecnología. En una segunda fase utilizamos como criterio de inclusión la Realidad Virtual Inmersiva, excluyendo todos los otros marcos como la Realidad Aumentada (RA) y Realidad Mixta.

Aunque en los últimos años se ha producido un aumento significativo en el uso de las nuevas tecnologías para el aprendizaje para la señalética y la industria 4.0, a nivel de seguridad laboral el despliegue de su uso ha crecido a ritmo diferente. En base al resultado de la revisión bibliográfica, se ha evidenciado la necesidad de una mayor actividad investigadora en la temática dado que la tecnología brinda herramientas potenciales para su desarrollo, siendo, por lo tanto, necesaria la implementación de herramientas que mejoren el comportamiento humano en ambientes estresantes promoviendo su salud.

En cuanto a las realidades extendidas, percibimos que se han realizado investigaciones sobre el uso de la Realidad Aumentada, así como de la Realidad Inmersiva para esta área. Cada tecnología tiene sus ventajas, pero la inmersiva, por ser también promovida en el área de

videojuegos, se torna más accesible en términos de costo, cuando comparada con la RA, cuyo enfoque principal es la industria. Además, de proporcionar una alta implicación del individuo, la RV permite que el mismo esté más involucrado en un contexto deseado y promueve una mayor concentración en las tareas ejecutadas. Esta combinación de factores contribuye a la optimización de la eficacia de la interacción y el logro de los objetivos planteados. Una desventaja en relación con la RA, son las molestias cibernéticas, que están más presentes en RV, en comparación con RA.

Con respecto a las señales, hay una tendencia a utilizar variables que eliminan su característica pasiva, ya a través del uso de características dinámicas (audio o visual), o mediante la capacidad de adaptarse a la realidad actual haciendo el uso de algoritmos (señales inteligentes). Ambas alternativas resultan en buenas soluciones, aunque todavía existe una preocupación por parte de los usuarios con relación a posibles fallos tecnológicos, especialmente con relación a los dispositivos de Internet de las Cosas (IOT) que componen las señales inteligentes.

- **O2- Identificar modelos y variables de señalización y transmisión de información que permitan una toma de decisiones óptima y eficaz en situaciones de riesgo o estrés;**

A pesar de la creciente incorporación de nuevas metodologías y tecnologías, la tasa de accidentes no ha disminuido. Comprender detalladamente el problema es clave para mejorar la gestión de la seguridad y reducir los riesgos de accidentes.

La comunicación visual es la transmisión de un mensaje a través de imágenes. Al diseñar la comunicación, lo primero que hay que tener en cuenta es: qué comunicar, para quien y el entorno en el que se inserta.

Teniendo eso en cuenta, el primero paso de esta tesis fue profundizar en el marco teórico que respalda los factores relevantes en el proceso cognitivo del procesamiento de información, teniendo en cuenta las posibles influencias de momentos de estrés y accidentes en el ámbito del individuo, del producto (señalización) y del entorno. Los criterios de inclusión para nuestra revisión relacionadas a este objetivo fueron comportamiento e interacción humana en un entorno estresante, señalización de seguridad, procesamiento de la información, toma de decisión, accidentes laborales, percepción del riesgo, formación en seguridad laboral, y cognición en el marco de accidentes de trabajo. Se adoptaron como

criterios de exclusión los documentos que no estuvieran escritos en inglés, español o portugués.

Al evaluar los accidentes, se observa que la mayoría de ellos comparten similitudes conceptuales en su ocurrencia. Estas similitudes pueden atribuirse a diversos factores, como la combinación del diseño del sistema, la planificación y ejecución de acciones, las fallas técnicas, operativas, y de la fuerza laboral, los comportamientos organizacionales, así como la carencia de una gestión efectiva y una supervisión regulatoria adecuada. Este descubrimiento pone de manifiesto la existencia de un sistema de educación y comunicación sobre seguridad deficiente, que no toma debidamente en cuenta a su audiencia ni el contexto en el que se desenvuelve.

En el ámbito de los factores capaces de influir en el potencial de la información para cambiar el comportamiento seguro, los principales resultados pueden verse en la Tabla 58.

Tabla 58. Resumen de factores en información de seguridad y cambios de comportamientos.

Factor	Condición con baja probabilidad de cambio de comportamiento	Condición con alta probabilidad de cambio de comportamiento
Producto/Situación	Familiar	No-familiar
Riesgo/accidente	Baja probabilidad de ocurrir accidentes; Accidentes con consecuencias suaves y la situación se mantiene bajo control	Probabilidad alta de ocurrir accidente; Accidentes con consecuencia severas, ausencia de control individual
Individuo	No busca información si: no espera riesgo, si el peligro es claramente visible y conocido;	Busca información si: se sospecha un riesgo, pero no lo ve.
	Personalidad: desmotivado o con prisa, perfil de jugador “asesino” y sociables	Personalidad: Alerta, sensatez, e individuos más susceptibles a los fallos cognitivos cuando en situación de estrés
Señalética/Información	Motivación al riesgo: atracción por el riesgo y comportamiento adverso	Motivación al riesgo: no atracción a riesgo y comportamiento consonante
	Ubicación: lejos del riesgo	Ubicación: cerca del riesgo y no expuesta en otro local
	Disposición: ausente cuando necesaria o proporcionado con redundancia	Disposición: cuando relevante y no dispuesta donde no hace falta; con contenido relevante
	Disposición: difícil de encontrar; difícil de leer; tipografía compleja, contenido textual largo	Lay-out: prominente; legible, tipografía sencilla y de fácil lectura, con presencia de variable dinámicas, importancia del uso de caracteres pictóricos (imágenes)
	De procedencia no fiable o desconocida	De procedencia fiable
Entorno: contexto saturado, con instrucciones inadecuadas e ineficaces	Entorno: contiene informaciones de seguridad solamente donde es necesaria	

Dichos datos nos permitieron aclarar con mayor precisión la “anatomía” de la seguridad en el trabajo, con el fin de gestionar los posibles incrementos de forma más eficaz.

A partir de estos resultados, este estudio buscó orientar los aspectos a considerar en el diseño de la comunicación visual de seguridad, con los objetivos de superar las carencias en términos de percepción, toma de decisiones, atención, capacitación y concientización en seguridad. Es decir, buscó conocer los requerimientos a los que deben responder las soluciones tecnológicas a implementar en materia de señalización.

Considerando las deficiencias identificadas en cada uno de los factores, se desarrolló una respuesta que fue sometida a evaluación, como se detalla a continuación. Se llevaron a cabo pruebas de diversas variables, tales como la naturaleza **estática x dinámica x inteligente** de la señal, así como la **disposición de la tecnología** en el dispositivo de señalización (ya sea en los bordes del aviso o alrededor del pictograma), y las diferentes configuraciones de disposición (**suelo x pared**). Con relación al Riesgo/Accidente, se evaluó la **presencia de peligro** inminente o su ausencia, así como los **distintos grados de riesgo**, como variables principales.

Sin embargo, los resultados obtenidos en el experimento cualitativo nos mostraron que, en el caso de un entorno nuevo y virtual, las señales inteligentes no producían resultados relevantes. Así que para la fase cuantitativa optamos por excluir esta variante.

Se demostró que la visualización de un peligro influye en la adopción de un comportamiento rápido, y que la magnitud del riesgo asociado influye directamente en la percepción de la señalización. Para el recuerdo, la toma de decisiones se consideró más importante que la detección de la señalización.

Las señales dinámicas (visuales) constituidas por LEDS intermitentes se hicieron más perceptibles en comparación con las estáticas ante la presencia de un peligro con un grado de peligrosidad menor, o riesgo subjetivo. Sin embargo, cuando la carga cognitiva es muy elevada no son suficientes para superar la situación crítica. Los LEDs alrededor del pictograma son la solución que genera el comportamiento más consonante.

Por otro lado, en relación con la atención, la variable estática y la presentación en la pared mostraron un menor tiempo necesario de respuesta (mirar la señal antes de realizar la acción). Así, en lo que respecta la atención, las variables estáticas y la forma de presentación en el suelo obtuvieron mejores resultados.

- **O3- Desarrollar un simulador gamificado, y estudiar su potencial metodológico para la prevención de riesgos laborales;**

Teniendo en cuenta el objetivo de validar el uso de RVI como herramienta para la seguridad laboral y para la evaluación de usabilidad de las señales, esta investigación estudió y analizó como la RV ha abordado los factores que afectan la seguridad cuando se presenta una carga cognitiva elevada.

La revisión de literatura nos mostró la posibilidad de utilizar esta tecnología para recopilar datos sobre el comportamiento en consonancia con las señaléticas de manera similar al mundo físico real. También se demostró que esta herramienta es válida para evaluar la eficiencia de la señal con relación al desempeño de una tarea con un alto grado cognitivo, así como la consonancia comportamental frente a las señales. En cuanto a la seguridad laboral, los resultados muestran que las experiencias de RV han abordado principalmente los factores relacionados con la motivación, emoción, concentración y análisis de la toma de decisiones. Los factores asociados a los perfiles y rasgos de personalidad de los individuos han sido menos abordados.

Sin embargo, el desarrollo de un simulador RVI implica, además de modelar un entorno, la elaboración de una narrativa coherente con lo que se desea implicar y las tareas que se deben realizar. También es importante establecer si los servicios de RVI pueden distorsionar la evaluación de usabilidad de las señales y en qué medida.

El proceso de seguridad laboral implica la gestión de emociones. Teniendo esto en mente, en el desarrollo del simulador gamificado utilizamos técnicas que hicieron al usuario parte activa en todo el trabajo, desde el proceso creativo hasta las pruebas. Con este proceso metodológico buscamos comprender también el concepto y el impacto que la experiencia tenía en el participante, con el objetivo de mejorarlo y sistematizarlo.

Para el proceso de co-creación, realizamos dos sesiones de *“design jams”*, con un total de 6 personas en cada sesión. Los participantes eran especialistas en trabajo gamificado, imagen y visualización, tecnología para la educación, seguridad laboral, desarrollo 3D, usabilidad e interacción humano-computador. Estas sesiones recogieron los aspectos principales para que el juego inmersivo pudiera atender y alcanzar su finalidad, de manera que pudiéramos evaluar los efectos de las distintas variables señaléticas.

Así, el entorno final representaba una oficina donde había ocurrido un accidente, y el jugador debía salir lo más rápido posible del entorno. Aquel que salía más rápido, prestando

atención a la señalética, era el ganador del juego. Al llegar a la salida, había un ranking donde los usuarios que habían cumplido los requisitos (mirar los carteles) podían ver la puntuación obtenida y su clasificación en el juego. Durante el trayecto, los usuarios se encontraban con peligros consecuentes del incidente (por ejemplo, fuego, inundación, agujeros) y debían interactuar con ellos. Dentro de la inmersión, al participante se le informaba del incidente a través de carteles (para reforzar la importancia de la lectura y atención hacia las advertencias de seguridad). En ese momento, el usuario también era invitado a seleccionar y hacer uso de las mismas herramientas que encontraría en el entorno (fregona y extintor). Al final, el jugador elegía si comenzaba el juego o entrenaba más en el pasillo de entrenamiento.

Para inducir la emoción de estrés, una emoción clave en nuestro escenario de estudio, utilizamos elementos dentro del propio entorno. Para inducir este estado de emoción sin causar daño al usuario, encontramos que herramientas efectivas eran la presión por tiempo y la repetición de elementos. Sin embargo, no utilizamos este último en el entorno final, ya que en la evaluación mixta con los usuarios del segundo entorno se comprobó que su uso perjudicaba el desempeño de la tarea. Para la presión hicimos uso del elemento tiempo.

En cuanto a la experiencia del usuario, como hemos visto a lo largo de esta tesis, la presencia es fundamental. Al ser una sensación subjetiva, muchas de las técnicas para evaluarla utilizan medidas a través de autoevaluaciones, y aunque sean métodos ampliamente reconocidos y utilizados, presentan numerosas limitaciones y sesgos. Por eso, se han creado vías alternativas de medición de la presencia, como la presencia conductual. Utilizando los datos obtenidos a través de la presencia subjetiva junto con la conductual, pudimos comprobar que el entorno virtual desarrollado en esta tesis generó la sensación de presencia en los participantes.

De esta manera, los resultados del estudio demostraron que *Game for Safety* puede ser una herramienta eficiente. Las simulaciones comprobaron la presencia, la inmersión, el compromiso y la demanda cognitiva de los usuarios. El confort y el rendimiento del sistema fueron satisfactorios, las personas se mantuvieron atentas al desempeño de su tarea, involucradas y motivadas, lo que permitió comprobar que el entorno es un instrumento válido y los resultados obtenidos mediante su uso son confiables. Es, por lo tanto, eficaz para generar un escenario real y estudiar el comportamiento humano sin ponerlo en riesgo real.

- **O4- Desarrollar un protocolo de recomendaciones para el diseño de señalización de seguridad y creación de juegos serios.**

A partir de los resultados anteriores, se ha desarrollado un protocolo que ofrece orientación para el diseño e implementación de señales de seguridad, así como para el diseño y desarrollo de entornos virtuales inmersivos con elementos de gamificación para la formación en el ámbito de la seguridad laboral.

El protocolo de señalización objetiva ayuda en la selección e implementación de señales de manera adecuada y eficiente, evitando generar ruido que pueda perjudicar la toma de decisiones y el comportamiento.

Por otro lado, el protocolo del entorno inmersivo pretende ayudar a desarrolladores, diseñadores e investigadores a potencializar la sensación de presencia, reducir las molestias cibernéticas, fomentar el aprendizaje, mejorar la toma de decisiones y evaluar el comportamiento humano.

Con relación a los **objetivos específicos propuestos en el capítulo 1**, se han materializado en los siguientes elementos:

- Se ha estudiado el contexto de las alertas de seguridad a lo largo del tiempo y en diferentes realidades;
- Se ha realizado un estudio de las metodologías existentes para evaluar y optimizar la interacción entre los individuos y los productos objeto de este estudio;
- Se ha realizado un estudio de la influencia de la interacción entre los individuos y los productos objeto de este estudio,
- Se ha estudiado la influencia de la carga emocional y el cambio de comportamiento en situaciones de estrés en diferentes perfiles de individuos;
- Se ha desarrollado un entorno virtual inmersivo y gamificado, cómodo y capaz de inducir emociones en los participantes similares a las experimentadas en un accidente, adaptándose a diferentes perfiles de usuario;
- Se ha examinado la percepción y las emociones de los participantes en el entorno virtual;
- Se ha examinado la percepción y el comportamiento del usuario frente a diferentes variables y configuraciones de riesgo presentes en un entorno de accidente;

- Se han examinado las correlaciones entre las diferentes configuraciones de riesgo presentes en un entorno de accidente;
- Se han examinado las correlaciones entre los factores de influencia del usuario (personalidad) y su concordancia conductual con las diferentes realidades.

Con respecto a la validación de las hipótesis establecidas en el primer capítulo, las conclusiones de este estudio nos permiten afirmar los siguientes:

- **Hipótesis 1 (H1): El empleo de herramientas tecnológicas de realidad virtual inmersiva, junto con variables de señalización de seguridad, juegos serios y manipulación de emociones, genera un efecto que enriquece y optimiza el proceso de formación en seguridad y prevención de riesgos laborales,**

A este respecto, nuestra atención se dirigió hacia el análisis de la influencia de la tecnología en la respuesta de los usuarios, así como en su nivel de motivación, satisfacción y adquisición de conocimientos. Este enfoque nos proporcionó los datos necesarios para confirmar nuestra hipótesis.

En este contexto, los resultados obtenidos de la fase de inmersión y el análisis de las entrevistas post-test nos condujeron a la identificación del tiempo y del estrés como los principales factores que ejercen influencia sobre el usuario en un entorno de IVRSG. Este hallazgo permitió responder a nuestra pregunta de investigación **H1PI1: '¿Cuáles son los elementos constitutivos de un juego inmersivo y serio de asunción de riesgos que pueden afectar al usuario?'** y destacar la importancia de la disposición del entorno en contextos virtuales.

Además, se observó que el contenido de las señales que requieren una respuesta no resultó en un aumento en la retención de información por parte del individuo, contradiciendo la pregunta de investigación **H1PI2 ("¿Puede el contenido de las señales que requieren una respuesta influir en la capacidad del individuo para retener información?")**. En cambio, las señales que simplemente indican la presencia de peligro y permiten al individuo tomar una decisión propiciaron un incremento en la retención de información. Este hallazgo parece estar relacionado con el hecho de que, en tales casos, el individuo se ve compelido a reflexionar sobre la acción a tomar.

Basándonos en los resultados obtenidos a partir de la revisión bibliográfica, así como en los enfoques cualitativos y cuantitativos, hemos identificado que la habilidad de evaluar las

relaciones causa-efecto, el nivel de compromiso generado por la gamificación y la alineación efectiva de los objetivos con los perfiles de los usuarios se erigen como factores críticos para la mejora del diseño de un entorno virtual destinado al análisis del comportamiento del usuario. Estos hallazgos han proporcionado una respuesta sólida a nuestra pregunta de investigación H1PI3, la cual se formulaba como sigue: **¿Cuáles son los factores que pueden potenciar la optimización del diseño de un entorno virtual destinado al análisis del comportamiento del usuario en un contexto de riesgo gamificado?**

- **Hipótesis 2 (H2): La inclusión de variables tecnológicas en el proceso de señalización de seguridad en un entorno estresante puede conducir a una mejora en la eficacia y la perceptibilidad de dichas señales**

La aplicación de un enfoque cualitativo, utilizando el modelo BLA con usuarios expertos antes de llevar a cabo la evaluación cuantitativa con usuarios finales, ha contribuido a una evaluación más exhaustiva de la hipótesis 2, tal como se detalla en el capítulo 4. Los resultados demostraron que los avances tecnológicos proporcionan herramientas capaces de hacer que las señales sean más eficaces.

La recolección de datos más profundos y subjetivos en este momento nos ayudó a abordar de forma holística y completa todas las facetas del individuo que interactúa con el producto en cuestión, y así tener una visión clara de todo lo que está sucediendo.

Los resultados obtenidos indican que los usuarios mantienen un comportamiento consistente, sin importar el tipo y nivel de peligro. Esto lleva a una respuesta negativa a nuestra pregunta de investigación, formulada como **"(H2PI1) ¿Se observan disparidades en la percepción, el comportamiento y la utilidad de los usuarios en relación a diferentes señales variables, según el nivel de riesgo presente?"**.

En relación con la pregunta de investigación H2PI2, que indaga sobre **"si el modo de presentación de las señales influye en su percepción y nivel de cumplimiento en un entorno caracterizado por el estrés"**, los datos recopilados nos permitieron responder afirmativamente a esta cuestión. Se evidenció una relación directa entre una mayor percepción cuando las señales se acompañaban de elementos tecnológicos dinámicos. Por otro lado, se destacó la importancia de las imágenes para las señales.

- **Hipótesis 3 (H3): Tanto el perfil del jugador como la vivencia del usuario tienen la capacidad de ejercer influencia sobre su conducta vinculada con aspectos de**

**seguridad, y de manera simultánea, en la percepción que tienen de las señales de seguridad.**

A través del análisis de los resultados obtenidos, se logró validar la hipótesis que sugiere que las características del perfil del jugador ejercen una influencia significativa en las decisiones tomadas por el usuario en el entorno, especialmente en lo que respecta a su respuesta frente a situaciones de peligro, ya sea resolviéndolo o evitándolo, así como en la observación de las características y señales presentes antes de tomar cualquier medida. Además, se observó que los individuos más susceptibles a los fallos cognitivos en situaciones de estrés tienden a prestar mayor atención a todas las señales disponibles.

La inclusión de variables tecnológicas en el proceso de señalización de seguridad en un entorno estresante puede conducir a una mejora en la eficacia y la perceptibilidad de dichas señales

Con relación a la **H3PI1**, que cuestiona si **“las características individuales del jugador y la modalidad de presentación de la señal tiene efecto en las reacciones ante las señales de seguridad”** se adoptó un enfoque predominantemente cuantitativo mediante el uso de métodos y herramientas no intrusivas.

De esa manera, se pudo constatar que, sin importar la carga cognitiva involucrada, las señales que hacen uso de recursos tecnológicos dinámicos son percibidas con mayor facilidad, aun cuando esto pueda afectar la atención simultánea.

Por otro lado, los registros de desempeño durante la inmersión en el entorno, las respuestas físicas, las observaciones de comportamiento y las puntuaciones de los cuestionarios indican que los individuos con un perfil de jugador asesino manifiestan una menor capacidad de percepción y recuerdo del entorno en su totalidad, incluyendo las señales, aunque exhiben una mayor atención hacia la señalización. En contraste, los individuos con un perfil sociable tienden a prestar una mayor atención a las características del entorno, pero muestran menos interés por la señalización.

A partir de las descubiertas aquí presentadas podemos decir que el uso de la Realidad Virtual para evaluar el comportamiento del individuo, aumentar su aprendizaje y la posibilidad de cambiar su comportamiento es un procedimiento real y funcional que permite beneficios interesantes, como la formación monitorizada con precisión, en un entorno seguro y personalizado para cada progreso y tipo de usuario.

De esa forma es importante promover la formación inmersiva en seguridad basada en rasgos cognitivos, para lograr un mayor grado de retención y aprendizaje por parte de los alumnos, y usuarios en general y mejorar la eficacia de la formación en seguridad.

## 7.2 Limitaciones

Las principales limitaciones encontradas durante el desarrollo de esta investigación fueron:

- La revisión bibliográfica, la recopilación de información y los estudios indicativos se limitaron a los recursos disponibles en los idiomas inglés, portugués y español;
- En nuestros experimentos, se empleó únicamente la perspectiva en primera persona, lo que implica que el cuerpo virtual se representaba de manera que concordaba espacialmente con el cuerpo real del sujeto, excluyendo la percepción desde una perspectiva en tercera persona;
- Solo utilizamos variables visuales para transmitir la información;
- En los carteles de pared, utilizamos el color blanco como fondo.

La razón principal para optar por el uso exclusivo de variables visuales fue que, en ese momento, estábamos enfocados en la validación del entorno específico y consideramos importante que los usuarios pudieran expresar todas sus opiniones, sentimientos e impresiones durante la inmersión. Por lo tanto, decidimos eliminar el audio del entorno para evitar la necesidad de auriculares y posibilitar que los individuos se sintieran más cómodos.

En cuanto al color de los carteles, los mantuvimos estables utilizando el color blanco, ya que estudios anteriores (revisión bibliográfica, capítulo 2) no habían encontrado diferencias significativas con relación a este aspecto. Por lo tanto, dimos prioridad al análisis de la capacidad de notoriedad y contraste generados por las demás variables, y el patrón de fondo no contribuiría a la consecución de este propósito. En el caso de las señales en el suelo, utilizamos un color de fondo amarillo, ya que no se suelen utilizar variantes de color para este tipo de señalización.

Por último, es importante destacar que, por motivos de seguridad, se excluyó la participación de personas con epilepsia, dolores de cabeza o mareos, así como aquellas que tenían la intención de conducir un automóvil/motocicleta/bicicleta o trabajar con maquinaria

pesada o peligrosa inmediatamente después del experimento. Esto se debe a que algunas personas pueden experimentar sensación de mareo o estrés al utilizar un sistema de realidad virtual.

### 7.3 Trabajos Futuros

En esta sección se exponen las bases para futuros trabajos. En términos generales, la principal motivación para continuar esta línea de investigación es seguir realizando aportaciones que potencien la toma de decisiones y el comportamiento seguro, con el objetivo de evitar pérdidas y costes derivados de los accidentes.

Como trabajos futuros, se pretende actuar en las siguientes áreas:

1. **Variables de información multimodal:** es una tendencia actual el suministro de información multimodal. Por ejemplo, además de imágenes o LEDs en las señales, se podría añadir audio o incluso olor para observar la respuesta del usuario ante ellas y determinar si hay un sentido que prevalece sobre otro en situaciones de estrés. También se plantea el uso de la Realidad Aumentada para la señalización.
2. **Interacción social:** la interacción social es un tema emergente en la realidad virtual que permite la interacción del usuario y ofrece interesantes posibilidades por explorar. Con esto en mente, se desea evaluar el comportamiento de los usuarios en presencia de otros avatares, teniendo en cuenta su personalidad del jugador. Se planea realizar nuevos experimentos para evaluar el comportamiento en situaciones de multitud, con la presencia de avatares que generen un sentimiento de protección (ejemplo: bomberos) y otros que generen un sentimiento de demanda de protección (ejemplo: niños), con el fin de comparar los resultados.
3. Desarrollo del estudio con un **enfoque neurocognitivo:** en busca de una comprensión basada en la evidencia acerca de cómo el cerebro humano procesa e interpreta la inclusión de elementos interactivos y estímulos visuales proporcionados por tecnologías emergentes en el contexto de la señalización.

4. Evaluación del **efecto de la inmersión a largo plazo**: se propone aplicar una encuesta de recuerdo después de un periodo de tiempo en el entorno, para evaluar el efecto de las variables en el recuerdo a largo plazo;
5. Evaluación del **efecto de la inmersión repetida** en el comportamiento del usuario: a partir de la experimentación cuantitativa realizada, se observó que algunos usuarios deseaban repetir la experiencia de inmersión porque les había gustado. Se notó que, en la segunda inmersión en el entorno, los individuos estaban más atentos a las pistas. Por lo tanto, se tiene la intención de preparar un nuevo experimento en el que se utilice el mismo entorno, las mismas señales y el mismo participante en diferentes momentos y con diferentes peligros, para evaluar el cambio del usuario con relación a las señales.
6. Estudio más profundo de las **señales inteligentes y su posible flexibilidad y adaptabilidad en un entorno real**: contrariamente a lo que se esperaba, la señalización inteligente no obtuvo un alto grado de percepción. Esto podría estar relacionado con el hecho de que, según la literatura, su uso es relevante para minimizar la ceguera generada por la familiaridad en un entorno ya conocido. Se han encontrado investigaciones sobre el tema, pero no se ha explorado la influencia del estrés en la percepción de estas señales. Por lo tanto, se considera importante evaluar la eficacia de esta señalización en un entorno bajo la influencia de esta emoción.

Con relación al juego en concreto, pretendemos añadir nuevas herramientas de aprendizaje con el objetivo de atender a un mayor número de alumnos. También parece interesante explorar más a fondo las diferencias de comportamiento entre los sexos en el entorno. Dado que nuestra investigación mostró una diferencia, creemos que este es un campo que puede ser explorado con mayor profundidad en el futuro.

En último análisis, se aspira que este trabajo aporte una contribución a investigaciones futuras mediante métodos y enfoques relacionados con la aplicación de tecnologías emergentes para la prevención de graves consecuencias de los accidentes laborales.

## Referencias bibliográficas

- Adams, A., Bochner, S., & Bilik, L. (1998). The effectiveness of warning signs in hazardous work places: Cognitive and social determinants. *Appl. Ergon.* 29, 247-254
- Adams, E., (2004). Postmodernism and the three types of Immersion. *Gamasutra [online]*. Retrieved 01 august, 2022 from:  
[http://designersnotebook.com/Columns/063\\_Postmodernism/063\\_postmodernism.html](http://designersnotebook.com/Columns/063_Postmodernism/063_postmodernism.html)
- Agost, M. J., Company, P., Contero, M., & Camba, J. D. (2022). CAD training for digital product quality: a formative approach with computer-based adaptable resources for self-assessment. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(2), 1393-1411.
- Ahn, J & Han, R (2011) RescueMe: An Indoor Mobile Augmented-Reality Evacuation System by Personalized Pedometry, *2011 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference*, Jeju, Korea (South), pp. 70-77, <https://doi.org/10.1109/APSCC.2011.26>.
- Alcañiz, M., (2007). Affective interactions using virtual reality in marketing: the link between presence and emotions. *CyberPsychol. Behav.*, 10, 45-56.
- Alcañiz, M., Rodríguez, A., Rey, B., & Parra, E. (2014). Using serious games to train adaptive emotional regulation strategies. *Social Computing and Social Media SE - 51*, (8531), 541–549. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07632-4\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07632-4_51)
- Alcañiz, M., Parra, E. & Chicchi Giglioli, I.A. (2018). Virtual reality as an emerging methodology for leadership assessment and training. *Front. Psychol.*, 9 (1658). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01658>
- Alexandrovsky, D., Putze, S., Bonfert, M., Höffner, S., Michelmann, P., Wenig, D., Malaka, R., & Smeddinck, J. D. (2020). Examining Design Choices of Questionnaires in VR User Studies. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–21. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376260>
- Alexiou, A., Schippers, M. C., Oshri, I., & Angelopoulos, S. (2022). Narrative and aesthetics as antecedents of perceived learning in serious games. *Information Technology & People*, 35(8), 142–161. <https://doi.org/10.1108/ITP-08-2019-0435>

- Almeida, A.L.M (2018). Avaliação da eficácia de avisos de segurança em diferentes níveis de carga cognitiva num simulador em realidade virtual.Universidade de Lisboa, Faculdade de Motricidade Humana, Portugal, 2018. 168p.(Phd,thesis). <https://hdl.handle.net/10400.5/16034>
- Al-Moteri, M. O., Symmons, M., Plummer, V., & Cooper, S. (2017). Eye tracking to investigate cue processing in medical decision-making: A scoping review. *Computers in Human Behaviour*, 66, 52-66. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.09.022>
- Alzoubi, H. M. (2022). BIM as a tool to optimize and manage project risk management. *International Journal of Mechanical Engineering*, 7(1). ISSN 0974-5823
- Amokrane, K., Lourdeaux, D., & Burkhardt, J. (2008). HERA: learner tracking in a virtual environment. *The International Journal of Virtual Reality*, 7(3), 23–30.
- Anaya-Durand, A. & Anaya-Huerta, C. (2010) ¿Motivar para aprobar o para aprender? Estrategias de motivación del aprendizaje para los estudiantes. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 1, 5-14.
- Andrée, K., Nilsson, D., & Eriksson, J. (2016). Evacuation experiments in a virtual reality high-rise building: exit choice and waiting time for evacuation elevators. *Fire and Materials*, 40(4), 554-567. <https://doi.org/10.1002/fam.2310>
- ANSI (1998). Z535.1-5, Accredited Standards Committee on Safety Signs and Colors. National Electrical Manufacturers Association, Washington, DC
- Aoki, H., Oman, C. M., & Natapoff, A. (2007). Virtual-reality-based 3D navigation training for emergency egress from spacecraft. *Aviation, space, and environmental medicine*, 78(8), 774-783.
- Aragones, J. J., Talayero, F., & Moyano, E. (2003). Percepción del riesgo en contextos culturales diferentes. *Revista de Pedagogía Social*, 18(1), 87–100) .
- Arezes, P. M., & Miguel, A. S. (2008). Risk perception and safety behaviour: A study in an occupational environment. *Safety Science*, 46(6), 900–907. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.11.008>
- Arino, J.-J., Juan, M.-C., Gil-Gómez, J.-A., & Mollá, R. (2014). A comparative study using an autostereoscopic display with augmented and virtual reality. *Behaviour & Information Technology*, 33(6), 646–655. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2013.815277>
- Armony, J. L., & Dolan, R. J. (2002). Modulation of spatial attention by fear-conditioned stimuli: an event-related fMRI study. *Neuropsychologia*, 40(7), 817–826. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00178-6](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00178-6)
- Aromaa, S., & Väänänen, K. (2016). Suitability of virtual prototypes to support human factors/ergonomics evaluation during the design. *Applied ergonomics*, 56, 11-18.

- Asensio, Á.; Blanco, T.; Blasco, R.; Marco, Á.; Casas, R. (2015). Managing emergency situations in the smart city: the smart signal. *Sensors* (Switzerland) 15 (6), 14370–14396. <https://doi.org/10.3390/s150614370>.
- Ayabe, R.C.F. (2020) Design imersivo: realidade em perspectiva. São Paulo (Master Dissertation)
- Ayanoglu, H.; Duarte, E.; Noriega, P.; Teles, J.; Rebelo, F. (2016). Hazard Perception of 3D household packages: a study using a virtual environment. *Ergonomics in Design Methods & Techniques*, CRC PRESS: Boca Raton, FL, USA. <https://doi.org/10.1201/9781315367668-24>
- Baños, R.M.; Botella, C., Alcañiz, M.; Liaño, V., Guerrero, B., Rey, B. (2004). Immersion and emotion: their impact on sense of presence. *Cyberpsychology & Behavior: The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society*, 7(6), 734-74 <https://doi.org/10.1089/cpb.2004.7.734>
- Baranowski, T., Baranowski, J., Thompson, D., Buday, R. (2011). Behavioral science in video games for children's diet and physical activity change: key research needs. *J. Diabetes Sci. Technol.* 5, 229-233. <https://doi.org/10.1177/193229681100500204>.
- Barkokebas, R. D., Ritter, C., Li, X., & Al-Hussein, M. (2020). Application of virtual reality to perform ergonomic risk assessment in industrialized construction: Experiment design. *In Construction Research Congress 2020* (pp. 405-413). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Barot, C., Burkhardt, J.-M., Lourdeaux, D., & Lenne, D. (2011). V3S, a virtual environment for risk management training. *Joint Virtual Reality Conference of EGVE 2011 - The 17th Eurographics Symposium on Virtual Environments, EuroVR 2011 - The 8th EuroVR (INTUITION) Conference, (SEPTEMBER)*, 95–102. <https://doi.org/10.2312/EGVE/JVRC11/095-102>
- Barr, M (2018). The Bartle test of gamer psychology. Retrieved august 01, 2021, from [www.matthewbarr.co.uk](http://www.matthewbarr.co.uk).
- Bartle, R. (1996). Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. *Journal of Virtual Environment*, 1(1), 19.
- Bastide, S., Moatti, J. P., Pages, J. P., & Fagnani, F. (1989). Risk perception and social acceptability of technologies: The French case. *Risk analysis*, 9(2), 215-223
- Bateman Julie M. & Edwards Bob. (2002). Gender and evacuation: A closer look at why women are more likely to evacuate for hurricanes. *Natural Hazards Review*, 3(3), 107–117. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1527-6988\(2002\)3:3\(107\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1527-6988(2002)3:3(107))
- Beber, B., Silva, E. D., & Bonfiglio, S. U. (2014). Metacognição como processo da aprendizagem. *Revista Psicopedagogia*, 31(95), 144-151.

- Belikova, N.Y., Vaskov, M.A., Zritneva, E. I., Afanaseva, O.O., Litvinova, E.Y., & Azhiba, M.A. (2019). Formation of a developing educational environment as a condition for socio-psychological interaction of subjects in educational and pedagogical space. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 6 Toluca June 2019. Retrieved from: <https://www.proquest.com/openview/bbd91a9d8d5c848be912f19ee15fd271/1?pq-origsite=gscholar&cbl=4400984>
- Bell, J. T., & Fogler, H. S. (1996). Preliminary Testing of a Virtual Reality Based Educational Module for Safety and Hazard Evaluation Training, (March), 3–8.
- Bell, J. T., Fogler, H. S., & Arbor, A. (1997). The application of virtual reality to chemical engineering education. *Proceedings of the 1997 International Conference on Simulation in Engineering Education (ICSEE) 29(2)*.
- Bell, J. T., & Fogler, H. S. (2000). A Virtual Reality Safety and Hazard Analysis Simulation. *Proceedings of the ASEE Annual Conference* (pp. 1–6). St. Louis: June 18-21 2000, Session 3613. Retrieved from <https://www.cs.uic.edu/~jbell/Professional/Papers/asee2000.pdf>
- Bell, K. (2017). *Game On! Gamification, gameful design, and the rise of the gamer educator*. Johns Hopkins University Press, Baltimore. 216p.
- Bernardes, S. M. F., Rebelo, F., Vilar, E., Noriega, P., & Borges, T. (2015). Methodological approaches for use virtual reality to develop emergency evacuation simulations for training, in emergency situations. *Procedia Manufacturing*, 3(Ahfe), 6313–6320. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.946>
- Besné, A., Pérez, M. Á., Necchi, S., Peña, E., Fonseca, D., Navarro, I., & Redondo, E. (2021). A systematic review of current strategies and methods for BIM implementation in the academic field. *Applied Sciences*, 11(12), 5530. <https://doi.org/10.3390/app11125530>
- Boholm, A. (2017). Comparative studies of risk perception: a review of twenty years of research. *Journal of Risk Research*, 1(2), 135-163. <https://doi.org/10.1080/136698798377231>
- Boel, C., Rotsaert, T., Valcke, M. et al. (2023) Applying educational design research to develop a low-cost, mobile immersive virtual reality serious game teaching safety in secondary vocational education. *Educ Inf Technol*. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12126-4>
- Boersema, T., & Zwaga, H. J. G. (1989). Selecting comprehensible warning symbols for swimming pool slides. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 33(15), 994–998. <https://doi.org/10.1177/154193128903301520>

- Botella, C., Garcia-Palacios, A., Baños R.M., & Quero, S. (2009). Cybertherapy: Advantages, Limitations, and Ethical Issues. *PsychNology Journal*, 7(1), 77 – 100. Retrieved diciembre 10, 2015, from [www.psychnology.org](http://www.psychnology.org).
- Bouchard, S., St-jacques, J., Robillard, G., & Renaud, P. (2008). Anxiety increases the feeling of presence in virtual reality. *Presence*. Massachusetts.17(4), 376-391.
- Bowman, D. A., Gabbard, J. L., & Hix, D. (2002). A survey of usability evaluation in virtual environments: classification and comparison of methods. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 11(4), 404–424. <https://doi.org/10.1162/105474602760204309>
- Brahm, F., & Singer, M. (2013). Is more engaging safety training always better in reducing accidents? *Evidence of self-selection from Chilean panel data*. *Journal of Safety Research*, 47, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2013.09.003>
- Broadbent, D.E., Cooper,P.E., Fitzgerald,P., Parkes,K.R. (1982). The cognitive Failures Questionnaire and its correlates. *British Journal of Clinical Psychology*, 21 1-16.
- Broke, J. (1986). SUS- A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194).
- Cabeza-Ramírez L.J., Sánchez-Cañizares S.M. & Fuentes-García F.J. (2020) Motivations for the use of video game streaming platforms: the moderating effect of sex, age and self-perception of level as a player. *International Journal of Environmental Research and Public Health*; 17(19):7019. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197019>
- Calizzani, C. & Reinecke, P. (2016). Almoste 8 out of 10 internet users in the EU surfed via a mobile or smart phone in 2016. In: Bourgeois, V. Eurostat Press Office, December 2016. Retrieved from: [https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/7771139/9-20122016-BP-EN.pdf/f023d81a-dce2-4959-93e3-8cc7082b6edd#:~:text=In%202016%2C%20the%20highest%20proportion,%25\)%20and%20Denmark%20\(85%25\).](https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/7771139/9-20122016-BP-EN.pdf/f023d81a-dce2-4959-93e3-8cc7082b6edd#:~:text=In%202016%2C%20the%20highest%20proportion,%25)%20and%20Denmark%20(85%25).)
- Calvo, X., Fonseca, D., Sánchez-Sepúlveda, M., Amo, D., Llorca, J., & Redondo, E. (2018). Programming Virtual Interactions for Gamified Educational Proposes of Urban Spaces. In P. Zaphiris, & A. Ioannou (Eds.), *Learning and Collaboration Technologies. Learning and Teaching - 5th International Conference, LCT 2018, Held as Part of HCI International 2018, Proceedings*, 10925, 128-140. Springer Verlag. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-91152-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91152-6_10)
- Campbell, J. P., McCloy, R. A., Oppler, S. H., & Sager, C. E. (1993). A theory of performance. *Personnel selection in organizations*, 3570, 35-70.

- Carpio-de Los Pinos, A. J., González-García, M. L. N., Pentelhão, L. C., & Baptista, J. S. (2021). Zero-Risk Interpretation in the Level of Preventive Action Method Implementation for Health and Safety in Construction Sites. *International journal of environmental research and public health*, 18(7), 3534. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073534>
- Caroux,L., Isbister, K., Le Bigot,L. & Vibert, N.(2015). Player–video game interaction: A systematic review of current concepts. In: Computers in Human Behavior, 2015, 48, pp.366-381. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.066> .
- Carrasco, M., & McElree, B. (2001). Covert attention accelerates the rate of visual information processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(9), 5363–5367. <https://doi.org/10.1073/pnas.081074098>.
- Carvalho, B., Soares, M., Neves, A., Soares, G., & Lins, A. (2022). The state of the art in virtual reality applied to digital games: a literature review. In: Francisco Rebelo and Marcelo Soares (eds) *Advances in Ergonomics In Design, Usability & Special Populations: Part I. AHFE (2022) International Conference. AHFE Open Access, vol 18. AHFE International, USA.*<https://doi.org/10.54941/ahfe100811>
- Cascales-Martínez, A., Martínez-Segura M., Pérez-López, D Contero, M. (2016). Using an augmented reality enhanced tabletop system to promote learning of mathematics: A case studywith students with special educational needs. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(2), 355–380. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00621a>
- Castelli, L., Latini Corazzini, L., & Geminiani, G. C. (2008). Spatial navigation in large-scale virtual environments: Gender differences in survey tasks. *Computers in Human Behavior*, 24(4), 1643–1667. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.06.005>
- Cavalcanti, J.F. (2003). Análise ergonômica da sinalização de segurança: um enfoque da ergonomia informacional e cultural. Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-graduação em engenharia de produção, Brasil, 2003. 212p. (Master dissertation)
- Cavalcanti, J.F & Soares, M.M (2012). Ergonomic analysis of safety sign: a focus of informational and cultural ergonomics.*Work* 41 , 3427-3432. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0619-3427>
- Cavalcanti, J. F., Duarte, F. C. A., Ayabe, R. C. F., & da Silva, A. G. B. (2021). Virtual Reality and Ergonomics: Making the Immersive Experience. In *Design, User Experience, and Usability: Design for Contemporary Technological Environments: 10th International Conference, DUXU 2021, Held as Part of the 23rd HCI International Conference, HCII 2021, Virtual Event, July 24–29, 2021, Proceedings, Part III*( pp. 158-170). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-78227-6\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-78227-6_12)

- Cavalcanti, J., Valls, V., Contero, M., & Fonseca, D. (2021). Gamification and Hazard Communication in Virtual Reality: A Qualitative Study. *Sensors*, 21(14). <https://doi.org/10.3390/s21144663>
- Champi, D. (2019). Mapa de riesgos taller. Slideshare, <https://www.slideshare.net/DominixLoss/mapa-de-riesgos-taller> (retrieved septiember, 2023)
- Chang, E., Kim, H.-T., & Yoo, B. (2020). Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 36, 1–25. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>
- Chatzimichailidou, M., & Ma, Y. (2022). Using BIM in the safety risk management of modular construction. *Safety Science*, 154, 105852. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105852>
- Chen, J., Wang, R. Q., Lin, Z., & Guo, X. (2018). Measuring the cognitive loads of construction safety sign designs during selective and sustained attention. *Safety Science*, 105(January), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.01.020>
- Chen, Y.-J., Lai, Y.-S., & Lin, Y.-H. (2020). BIM-based augmented reality inspection and maintenance of fire safety equipment. *Automation in Construction*, 110, 103041. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103041>
- C. F., & , F.T. (1997). A new method for describing search patterns and quantifying visual load using eye movement data. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 19 (3), 249–257
- Chicchi Giglioli, I.A., Parra, E., Cardenas-Lopez, G., Riva,G., Alcañiz Raya, M. (2017). Virtual Stealth Assessment: a new methodological approach for assessing psychological needs. In: *Alcañiz,M. Göbel,S., Ma,M. Fradinho Oliveira, M., Baalsrud Hauge, J., Marsh, T. (eds.) Serious Games .JCSG 2017.Lectures Notes in Computer Science 10622*. Springer, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70111-0\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70111-0_1)
- Chittaro, L., & Ranon, R. (2009). Serious games for training occupants of a building in personal fire safety skills. *Proceedings of the 2009 Conference in Games and Virtual Worlds for Serious Applications, VS-GAMES 2009*, 76–83. <https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2009.8>
- Chittaro, L., & Buttussi, F. (2015). Assessing knowledge retention of an immersive serious game vs. A traditional education method in aviation safety. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 21(4), 529–538. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2015.2391853>
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*. US: American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.82.6.407>

- Conesa J, Mula FJ, Bartlett KA, Naya F & Contero M.(2023). The Influence of Immersive and Collaborative Virtual Environments in Improving Spatial Skills. *Applied Sciences*; 13(14):8426. <https://doi.org/10.3390/app13148426>
- Connelly, L. M. (2008). Pilot studies. *Medsurg Nursing*, 17(6), 411p.
- Connolly, T.M., Boley,E.A., MacArthur, E., Hainey, T. & Boley, J. (2012). A systematic literature review of emprical evidence on computer games and serious games. *Comput. Educ.*, 59, 661-686. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.004>
- Coombs, P. H., Prosser, R. C., Ahmed, M., Israel, B. B., & UNICEF. (1973). New paths to learning for rural children and youth. *New York : International Council for Educational Development*
- Cosma, G., Ronchi, E., & Nilsson, D. (2016). Way-finding lighting systems for rail tunnel evacuation: A virtual reality experiment with Oculus Rift®. *Journal of Transportation Safety & Security*, 8(sup1), 101-117.
- Craig Wallace, J. (2016). Creating a safety conscious organization and workforce. *Organizational Dynamics*, 45, 305–312. <https://doi.org/10.1016/j.orgdyn.2016.10.006>
- Csikszentmihalyi, Mihaly (1988). The flow experience and its significance for human psychology. *Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness 2*, 15-35.
- Dagar, V. & Yadav, A. (2016). Constructivism: a paradigm for teaching and learning. *Arts and Social Sciences Journal*, 7:4. <https://doi.org/10.4172/2151-6200.1000200>
- Dambacher, M., Hübner, R.(2015). Time pressure affects the efficiency of perceptual processing in decisions under conflict. *Psychological Research* 79, 83–94 <https://doi.org/10.1007/s00426-014-0542-z>
- De la Torre Cantero, J., Martin-Dorta, N., Pérez, J. L. S., Carrera, C. C., & González, M. C. (2013). Entorno de aprendizaje ubicuo con realidad aumentada y tabletas para estimular la comprensión del espacio tridimensional. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (37).
- Dede, C., Salzman, M. C., Loftin, R. B., & Sprague, D. (1999). Multisensory Immersion as a Modeling Environment for Learning Complex Scientific Concepts BT. *W. Feurzeig & N. Roberts (Eds.). Modeling and Simulation in Science and Mathematics Education*. New York, NY: Springer New York pp. 282–319. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1414-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-1414-4_12)
- Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement and Learning. *Science*, 323(5910), 66–69. <https://doi.org/10.1126/science.1167311>

- de-Juan-Ripoll, C., Soler-Domínguez, J. L., Guixeres, J., Contero, M., Álvarez Gutiérrez, N., & Alcañiz, M. (2018). Virtual reality as a new approach for risk taking assessment. *Frontiers in Psychology*, 9, 2532. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02532>
- de-Juan-Ripoll, C., Soler-Domínguez, J. L., Chicchi Giglioli, I. A., Contero, M., & Alcañiz, M. (2020). The spheres & shield maze task: a virtual reality serious game for the assessment of risk taking in decision making. *Cyberpsychology, Behaviour, and Social Networking*, 23(11), 773-781. <https://doi.org/10.1089/cyber.2019.0761>
- Deliyannis, I. & Kaimara, P (2019). Developing Smart Learning Environments Using Gamification Techniques and Video Game Technologies. In *Didactics of Smart Pedagogy: Smart Pedagogy for Technology Enhanced Learning; Daniela, L. (Ed.)*; Springer International Publishing: Cham, Switzerland, 285–307
- Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hata, K., Dixon, D. (2011). Gamification: using game-design elements in non-gaming contexts. *Proceedings of the 2011 Annual Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing System*. CHI EAE 2011. Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hata, K., Dixon, D. (2011). Gamification: using game-design elements in non-gaming contexts. *Proceedings of the 2011 Annual Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing System*. CHI EAE 2011.
- Devisch, O., Poplin, A., Sofronie, S. (2016). The gamification of civic participation: two experiments in improving the skills of citizens to reflect collectively on spatial issues. *Journal of Urban Technology*, 23, 81-102. <https://doi.org/10.1080/10630732.2015.1102419>
- Dickey, M. D. (2005). Engaging by design: how engagement strategies in popular computer and video games can inform instructional design. *Educational Technology, Research and Development*, 53, 2, 67-83.
- Ding, N., Ma, Y., Fan, Z., & Shi, J. (2023). Test the effectiveness of building safety guidance signs in a T-junction corridor based on eye movement data. *Journal of Safety Science and Resilience*, 4(2), 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2022.11.001>
- Dominguez, A., Saenz-de-Navarrete, J., De-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., Martínez-Herráiz, J. J. (2013). Gamifying learning experiences: practical implications and outcomes. *Comput. Educ.*, 63, 380-392. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.020>
- Dorling, A. & McCaffery, F. (2001). The evaluation of pharmaceutical pictograms in a low-literate South African population. *Patient Educ.* 45(2), 87-99 [https://doi.org/10.1016/S0738-3991\(00\)00197-X](https://doi.org/10.1016/S0738-3991(00)00197-X)

## Referencias

- Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., Wiemeyer, J. (2016). Introduction. In: Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., Wiemeyer, J. (eds) *Serious Games*. Springer 1-34. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-40612-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-40612-1_1)
- Dowse, R., Ehlers, M. (2012). The gamitification of SPICE. In: Mas,A., Mesquida, A., Rout, T., O'Connor, R.V.,Dorling, A. (eds) *Software Process Improvement and capability determinarion. Spice, Communication in Computer and Informarion science, 290*. Springer, Berlin Heidelberg [https://doi.org/10.1007/978-3-642-30439-2\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-642-30439-2_35)
- Drovandi, A., Teague, P-A., Glass, B., & Malau-Aduli, B. (2019). A systematic review of the perceptions of adolescents on graphic health warnings and plain packaging of cigarettes. *Systematic Reviews*, 8(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s13643-018-0933-0>
- Duarte, E. & Rebelo, F. (2007). Virtual Reality in the study of warnings effectiveness. *Ergonomics and Health Aspects: HCII 2007*, 189–198. Springer Berlin Heidelberg
- Duarte, E., & Rebelo, F. (2008). Potential uses of virtual reality to evaluate behavioral compliance with warnings. *2008 AHFE International Conference Proceedings, Edited, (July)*, 14–17. Retrieved 15 december, 2016 from <https://www.researchgate.net/requests/r13176818>
- Duarte, E Rebelo, F Teixeira,L Vilar, , J. & Noriega, P.(2013a). Sense of presence in a VR-based study on behavioural compliance with warnings. In: Marcus. A (ed): DUXU/HCII, Part III, LNSC 8014 ,362-371.
- Duarte, E Rebelo, F Teles, J Wogalter, M.S (2013b). Behavioral Compliance for Dynamic versus Static Signs in an Immersive Virtual Environment. *Appl. Ergon.* 45, 5–14.
- Edutainment, L. (2017). Earthquake Simulator VR-<http://store.steampowered.com/app/607590>.
- Evans, G. L. (2017). Disruptive technology and the board: the tip of the iceberg. *Economics and Business Review* 3 (1):205-23. <https://doi.org/10.18559/ebr.2017.1.11>.
- Escuela de Oficios (2020). DLa señalización como medida preventiva. *Seguridad e Higiene* <https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/56/33756/69d72728755b3bb3649306df56bb7053.pdf><https://doi.org/10.18559/ebr.2017.1.11>. (retrieved september, 2023)
- EUROPEAN COMMISSION (2021), Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions empty: EU strategic framework on health and safety at work 2021-2027 Occupational safety and health in a changing world of work Retrieved from: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0323&qid=1626089672913#PP1Contents> (in octubre 2022)

- Fan, X., Jiang, X., & Deng, N. (2022). Immersive technology: A meta-analysis of augmented/virtual reality applications and their impact on tourism experience. *Tourism Management*, 91, 104534. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2022.104534>
- Fargnoli M. & Lombardi M.(2020). Building Information Modelling (BIM) to Enhance Occupational Safety in Construction Activities: Research Trends Emerging from One Decade of Studies. *Buildings*. 2020; 10(6):98. <https://doi.org/10.3390/buildings10060098>
- Felicia, P. (2022). Uso de videojuegos didácticos en el aula: pautas para el éxito del aprendizaje. Manual para docentes. *European Schoolnet Social and Behavioral Science Belgica* 87p. Retrieved from: <https://intef.es/wp-content/uploads/2022/10/Manual-para-docentes.pdf>. ( in octubre 2022)
- Feng, Z., González, V. A., Amor, R. ,Lovreglio,R. & Cabrera-Guerrero, G. (2018). Immersive virtual reality serious games for evacuation training and research: a systematic literature review. *Computers & Education*, 127, 252-266. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.002>
- Feng, Z., González, V. A., Amor, R., Spearpoint, M., Thomas, J., Sacks, R.,Lovreglio,R. & Cabrera-Guerrero, G. (2020). An immersive virtual reality serious game to enhance earthquake behavioral responses and post-earthquake evacuation preparedness in buildings. *Advanced Engineering Informatics*, 45, 101-118.
- Felinhofer, A., Kothgassner, O. D., Schmidt, M., Heinzle, A. K., Beutl, L., Hlavacs, H., & Kryspin-Exner, I. (2015). Is virtual reality emotionally arousing? Investigating five emotion inducing virtual park scenarios. *International journal of human-computer studies*, 82, 48-56.
- Fietkau, J. & Stojko, L. (2020). A system design to support outside activities of older adults using smart urban objects. *Proceedings of 18th European Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, [https://doi.org/10.18420/ecscw2020\\_ep07](https://doi.org/10.18420/ecscw2020_ep07).
- Firstalertstore(2011). First Alert User's Manual Dry Chemical Fire Extinguer. <https://www.firstalertstore.com/store/images/pdf/home1-first-alert-rechargeable-home-fire-extinguisher-ul-rated.pdf> (retrieved september, 2023)
- Fonseca, D., Villagrasa, S.,Martí, N., Redondo, E. & Sánchez,A. (2012). Visualization methods in architecture education using 3D virtual models and augmented reality in mobile and social networks. *in Mobile and Social Networks,Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93,1337-1343,<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.040>.
- Fonseca, D., Pifarré, M.,Redondo, E., Alitany, A., Sánchez,A. (2013). Combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas en el análisis de la nueva implementación de tecnologías en la educación: El uso de la

- realidad aumentada en la visualización de proyectos arquitectónicos. *In: Alvaro Rocha et al. (ed). Proc. 8ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, , 1(1), 205–211.*
- Fonseca, D. , Villagrasa, S., Martí, N., Redondo, E. & Sánchez, A. (2013). Visualization methods in architecture education using 3D virtual models and augmented reality in mobile and social networks. *Procedia- Social an Behavioral Sciences, 93 , 1337-1343. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.040*
- Fonseca, D., Redondo, E. & Villagrasa, S. (2015). Mixed-methods research: a new approach to evaluating the motivation and satisfaction of university students using advanced visual technologies. *In: Stephanidis, C. (ed). Universal Access in the Information Society, 14(3), 311-332. https://doi.org/10.1007/s10209-014-0361-4*
- Fonseca, D., Valls, F., Redondo, E. & Villagrasa, S. (2016). Informal interaction in 3D education: citizenship participation and assessment of virtual urban proposals. *In: Computers in Human Behavior, 55(A), 504-518. https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.032*
- Fonseca, D., Navarro, I., de Renteria, I., Moreira, F., Ferrer, Á., & de Reina, O. (2018). Assessment of wearable virtual reality technology for visiting world heritage buildings: an educational approach. *Journal of Educational Computing Research, 56(6), 940–973. https://doi.org/10.1177/0735633117733995*
- Fonseca, D., Cavalcanti, J., Peña, E., Valls, V., Sánchez-Sepúlveda, M., Moreira, F., Navarro, I., Redondo, E. (2021a). Mixed assessment of virtual serious games applied in architectural and urban design education. *Sensors , 21(9):3102, https://doi.org/10.3390/s21093102.*
- Fonseca, D., Sanchez-Sepulveda, M., Necchi, S., Peña, E., Martí, N., Villagrasa, S., Redondo, E., Franquesa, J. & Navarro, I. (2021b) What is happening in the process of engaging Architectural Students and Teachers for Including Virtual and Interactive Systems in the Projects Developments? *In Eighth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM'20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 775–783. https://doi.org/10.1145/3434780.3436540*
- França, A. C. P., & Soares, M. (2015). Realidade Virtual Aplicada à Educação: a era Matrix do processo de ensino e aprendizagem. *In XIII Congresso Internacional de Tecnologias na Educação. Anais, Recife*
- Frommel, J., Rogers, K., Brich, J., Besserer, D., Bradatsch, L., Ortinau, I., Schabenberger, R., Riemer, V., Schrader, C., & Weber, M. (2015). Integrated questionnaires: maintaining presence in game environments for self-reported data acquisition. *Proceedings of the 2015 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, 359–368. https://doi.org/10.1145/2793107.2793130*

- Frostling-Henningsson, M. (2009). First-person shooter games as a way of connecting to people: "Brothers in blood." *Cyberpsychology and Behavior*, 12, 557–562. <https://doi.org/10.1089/cpb.2008.0345>
- Fundación Laboral de la Construcción (2010). Señalización provisional durante la conservación de la Carretera. Prevención de riesgos laborales [fotografía]. <https://www.lineaprevencion.com/recursos/senalizacion-provisional-durante-la-conservacion-de-carreteras-prevencion-de-riesgos-laborales>. (Retrieved september, 2023)
- Gabe, Z., & Cunningham, C. (2011). Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps. O'Reilly, Newton, California. 208p.
- Galán, J., Felip, F., García-García, C., & Contero, M. (2020). The influence of haptics when assessing household products presented in different means: A comparative study in real setting, flat display, and virtual reality environments with and without passive haptics. *Journal of Computational Design and Engineering*, 8(1), 330–342. <https://doi.org/10.1093/jcde/qwaa081>
- Galán, J., García-García, C., Felip, F., & Contero, M. (2021). Does a presentation Media Influence the Evaluation of Consumer Products? A Comparative Study to Evaluate Virtual Reality, Virtual Reality with Passive Haptics and a Real Setting. *IJIMAI Journal*, 6 (6), 196–207, <https://doi.org/10.9781/ijimai.2021.01.001>
- Gantt, P.A. (2011). Maximizing multimedia for training purposes. *The Technology Source*. Retrieved from [http://technologysource.org/article/maximizing\\_multimedia\\_for\\_training\\_purposes/](http://technologysource.org/article/maximizing_multimedia_for_training_purposes/) (december, 2023)
- Garavan, T.N. & O'Brien, F. (2001). An investigation into the relationship between safety climate and safety behaviours in Irish organisations. *Irish journal of Management*, Dublin, 22(1), 141-170.
- Garcia-Panella, O., Badia-Corrans, A., Labrador-Ruiz, E., & Fonseca-Escudero, D. (2012). Pleasant learning experiences: Augmenting knowledge through games and interaction. *In Educational Stages and Interactive Learning: From Kindergarten to Workplace Training* (pàg. 369-386). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-0137-6.ch020>
- García-Testal, A., Martínez-Olmos, F. J., Gil-Gómez, J. A., Villalón-Coca, J., Ortiz-Ramón, R., Cana-Poyatos, A., García-Maset, R., & Segura-Ortí, E. (2022). Impact of an intradialysis virtual-reality-based exercise program on healthcare resources expenditure: A micro-costing analysis. *BMC Nephrology*, 23(1), 230. <https://doi.org/10.1186/s12882-022-02859-8>
- Giacomin, J. (2014). What is human centred design? *The Design Journal*, 17(4), 606–623. <https://doi.org/10.2752/175630614X14056185480186>

- Golovina, O., Kazanci, C., Teizer, J. & König, M. (2019). Using serious games in virtual reality for automated close call and contact collision analysis in construction safety. *Proceedings of the 36<sup>th</sup> ISARC*, 967-974 <https://doi.org/10.22260/ISARC2019/0129>
- Gomez, M.J Ruipérez-Valiente, J.A Martínez, P.A Kim, Y.J.(2021) Applying Learning Analytics to Detect Sequences of Actions and Common Errors in a Geometry Game. *Sensors* 2021, 21, 25.
- Gonzalez-Franco, M., & Peck, T. C. (2018). Avatar embodiment. Towards a standardized questionnaire. *Frontiers in Robotics and AI*, 5. <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00074>
- González Muñoz,E. (2017). Ergonomics and graphic design. creation of warning visual signs. *Zincografía*,1 (2), 5-17. <https://doi.org/10.32870/zcr.v0i2.28>
- Gorini, A., Capideville, C. S., De Leo, G., Mantovani, F., & Riva, G. (2010). The role of immersion and narrative in mediated presence: the virtual hospital experience. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(3), 99–105. <https://doi.org/10.1089/cyber.2010.0100>
- Gregory, J. (2018). Game engine architecture. A K Peters/CRC Press;1240 p. <https://doi.org/10.1201/9781315267845>
- Griffin, M. A., & Neal, A. (2000). Perceptions of safety at work: a framework for linking safety climate to safety performance, knowledge, and motivation. *Journal of Occupational Health Psychology*, 5(3), 347–358. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.5.3.347>
- Gu, Y., & Zhou, Y. (2022). Application of Virtual Reality Based on Multisensor Data Fusion in Theater Space and Installation Art. *Mobile Information Systems*, 2022, 4101910. <https://doi.org/10.1155/2022/4101910>
- Gustafsdotter, P.E. (1998). Gender differences in risk perception: Theoretical and methodological perspectives. *Risk Analysis*, 18: 805-811. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1998.tb01123.x>
- Gyekye, S. A. (2010). Occupational safety management: The role of causal attribution. *International Journal of Psychology*, 45(6), 405–416. <https://doi.org/10.1080/00207594.2010.501337>
- Haas, E. C., & Casali, J. G. (1995). Perceived urgency of and response time to multi-tone and frequency-modulated warning signals in broadband noise. *Ergonomics*, 38(11), 2313-2326.
- Habgood, M.P.J; Moore, D.; Wilson, D. & Alapont, S.(2018) Rapid, Continuous Movement Between Nodes as an Accessible Virtual Reality Locomotion Technique, *2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, Tuebingen/Reutlingen, Germany, 371-378, <https://doi.org/10.1109/VR.2018.8446130>.

- Haggis-Burridge, M. (2020). Four categories for meaningful discussion of immersion in video games. *Int. J. Published on Researchgate* Retrieved 01 august, 2022: [https://www.researchgate.net/publication/340686774\\_Four\\_categories\\_for\\_meaningful\\_discussion\\_of\\_immersion\\_in\\_video\\_games](https://www.researchgate.net/publication/340686774_Four_categories_for_meaningful_discussion_of_immersion_in_video_games)
- Hale, K.S., & Stanney, K.M. (2014). Handbook of virtual environments: design, implementation, and applications. CRC PRESS: Boca Raton, FL, USA, 2, 1456 p. <https://doi.org/10.1201/b17360>
- Hall, V., Conboy-Hill, S., & Taylor, D. (2011). Using Virtual Reality to Provide Health Care Information to People With Intellectual Disabilities: Acceptability, Usability, and Potential Utility. *Journal of Medical Internet Research*, 13(4), e91. <https://doi.org/10.2196/jmir.1917>
- Haluik, A. (2016) Risk perception and decision making in hazard analysis: improving safety for the next generation of electrical workers. IEEE IAS Electrical Safety Workshop(ESW), Jacksonville, FL, 2016, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1109/ESW.2016.7499712>
- Hart, S.G., & Staveland, L.E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): results of empirical and theoretical research. In: P.A., Hancock, & N., Meshkati (Eds.), *Human Mental Workload*. Elsevier Science Publisher B.V.: Amsterdam, pp. 139– 183.
- Held, R.M., & Durlach, N. (1991). Telepresence, time delay and adaptation. In : *Pictorial Communication in Virtual Environments*, Taylor & Francis, LTtd., London , 232-246.
- Hernandez, M. D. (2011). A Model of Flow Experience as Determinant of Positive Attitudes Toward Online Advergimes. *Journal of Promotion Management*, 17(3), 315–326. <https://doi.org/10.1080/10496491.2011.596761>
- Hertzog, M. A. (2008). Considerations in determining sample size for pilot studies. *Research in Nursing & Health*, 31(2), 180–191. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/nur.20247>
- Hidayetoglu, M.L., Yildirim, K., & Akalin, A. (2012). The effects of color and light on indoor wayfinding and the evaluation of the perceived environment. *Journal of Environmental Psychology*, 32(1), 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2011.09.001>
- Hockey, G. R. J. (2009). Applied Attention Theory. In : *Ergonomics*, 52(2), 270–271. <https://doi.org/10.1080/00140130802295564>
- Hollander, T. D., & Wogalter, M. S. (2000). Connoted hazard of voiced warning signal words: An examination of auditory components. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44(22), 702-705). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications

- Hui, X., Galea, E. R., & Lawrence, P. J. (2014). Experimental and survey studies on the effectiveness of dynamic signage systems. In *Fire Safety Science* (Vol. 11, pp. 1129–1143). International Association for Fire Safety Science. <https://doi.org/10.3801/IAFSS.FSS.11-1129>
- Hun, B. P., Dingus, T.A. (1992). Interactivity, information, and compliance cost in a consumer product warning scenario. *Accidente Analysis & Prevention* 24 (5) 497-505 [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(92\)90058-Q](https://doi.org/10.1016/0001-4575(92)90058-Q)
- Hunicke, R., LeBlanc, M., Zubek, R. (2004) MDA: a formal approach to game design and research. *Proceedings of the association for the advancement of artificial intelligence workshop on challenges in game*. AI,AAI 2004
- Instituto Nacional de Estadística (2022). Mujeres y hombres en España. Empleo. Tasas de empleo según grupos de edad. Retrieved 10 enero, 2022 from: [https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es\\_ES&c=INESeccion\\_C&cid=1259925463013&p=%5C&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout&param1=PYSDetalle&param3=1259924822888](https://www.ine.es/ss/Satellite?L=es_ES&c=INESeccion_C&cid=1259925463013&p=%5C&pagename=ProductosYServicios%2FPYSLayout&param1=PYSDetalle&param3=1259924822888)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2009). Guía Técnica sobre señalización de seguridad e salud en el trabajo. Retrieved 10 septiembre, 2019 from: <https://www.insst.es/documents/94886/203536/Guía+técnica+sobre+señalización+de+seguridad+y+salud+en+el+trabajo/973e7bd4-65de-4c46-8d6e-c181ffedb80a>
- Irshad S., Perkis A. & Azam W. (2021) Wayfinding in virtual reality serious game: an exploratory study in the context of user perceived experiences. *Applied Sciences* 11(17):7822. <https://doi.org/10.3390/app11177822>
- Jaynes, L. S., & Boles, D. B. (1990). The effect of symbols on warning compliance. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 34(14), 984–987. <https://doi.org/10.1177/154193129003401405>
- Jeffries, R., & Desurvire, H. (1992). Usability testing vs. heuristic evaluation: was there a contest? *ACM SIGCHI Bulletin* 24(4), 39-41
- Jerald, J. (2016). *The VR book: human-centered design for virtual reality*. ACM Books, USA 638 p.
- Jiang, M., Lan, W., Chang, J. et al. (2018) A game prototype for understanding the safety issues of a lifeboat launch. *Virtual Reality* 22, 137–148. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0334-7>
- Jingwen Y., Rahman A,A, & Tong T. (2022) Research on the Impact of BMI on Enterprise Performance Based on the Antecedence of Risk Perception. *Sustainability*; 14(23):15844. <https://doi.org/10.3390/su142315844>

- Jorge, V. A. M., Sarmiento, W. J., Maciel, A., Nedel, L., Collazos, C. A., Faria, F., & Oliveira, J. (2013). Interacting with danger in an immersive environment: issues on cognitive load and risk perception. *19th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology - VRST '13*, 83–92. <https://doi.org/10.1145/2503713.2503725>
- Jouellette, M. (1988). Exit signs in smoke: design parameters for greater visibility. *Lighting Research & Technology*, 20(4), 155-160.
- Juan-Gozález, J., Garcia,A.S., Molina, J.P. et al. (2021). UrbanRehab: a virtual urban scenario design tool for rehabilitating instrumental activities of daily living. *J Ambient Intell Human Comput* 83–92. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03061-8>
- Kagan, J. (1966). Reflection-Impulsivity: the generality and dynamics of conceptual tempo. *Journal of abnormal psychology*, 71 (1) Delft, Netherlands 17–24. <https://doi.org/10.1037/h0022886>
- Kalawsky, R. S. (2000). The Validity of Presence as a Reliable Human Performance Metric in Immersive Environments. *Presence*, Delft, Netherlands 1–16.
- Kalsher, M.J. & Williams, K.J (2006). Behavioral compliance:theory, methodology, and results.. *In: Wogalter,M.S. (ed) Handobook of warning*, pp. 313-332. Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Mahwah
- Kekeç, B., Bilim, N., & Bilim, A. (2023). Occupational health and safety in excavation works. *Proceedings of 3rd International Civil Engineering and Architecture Congress (ICEARC'23)* <https://doi.org/10.31462/icearc.2023.cme224>
- Kelly, D. H. (1972). Flicker. *Jamenson,D., Hurvich,L.M. (eds). Visual Psychophysics. Handbook of Sensory Physiology*, 7, Springer, Berlin, Heidelberg , 273-302. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-88658-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-642-88658-4_11)
- Kennedy, Robert S; Lane, Norman E; Kevin, S Berbaum; Lilienthal, M. G. (1993). Simulator Sickness Questionnaire : An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness. *In: The International Journal of Aviation Psychology*, 3(3), pp. 203–220.
- Khaled R, Vanden Abeele V, Van Mechelen M, & Vasalou A (2014) Participatory design for serious game design: truth and lies. In: Proceedings first ACM SIGCHI annual symposium on computer-human interaction in play. ACM, pp 457–460 <https://doi.org/10.1145/2658537.2659018>
- Kim, H. K., Park, J., Choi, Y., & Choe, M. (2018). Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): motion sickness measurement index in a virtual reality environment. *Appl. Ergon.* 69, 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.12.016>

- Kim, Y. Y., Kim, H. J., Kim, E. N., Ko, H. D., & Kim, H. T. (2005). Characteristic changes in the physiological components of cybersickness. *Psychophysiology*, *42*(5), 616–625. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2005.00349.x>
- Kinateder, M.T., Kuligowski, E.D., Reneke, P.A. et al. (2015). Risk perception in fire evacuation behavior revisited: definitions, related concepts, and empirical evidence. *Fire Sci* 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40038-014-0005-z>
- Kleinhesselink, R. R., & Rosa, E. A. (1991). Cognitive representation of risk perceptions: A comparison of Japan and the United States. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, *22*(1), 11-28.
- Klock, A. C. T., Gasparini, I., Pimenta, M. S., & Hamari, J. (2020). Tailored gamification: A review of literature. *International Journal of Human-Computer Studies*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102495>
- Kneidinger-Müller, B. (2019). When the smartphone goes offline: A factorial survey of smartphone users' experiences of mobile unavailability. *In: Computers in Human Behavior*, *98*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.037>
- Koivisto, J.& Hamari, J. (2019). The rise of motivational information system: a review of gamification research. *Int. J. of Information Management*, *45*, 191-210.
- Köster, M., & Gruber, T. (2022). Rhythms of human attention and memory: An embedded process perspective. *Frontiers in Human Neuroscience*, *16*. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2022.905837>
- Koster, R. (2013) .A theory of fun for game design, 2nd ed.; O'Reilly Media, Inc.: Newton, MA, USA.
- Kroemer, K.H.E.& Grandjean, E (2004). *Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem*. Porto Alegre, Editora Bookman (5) 328 p.
- Krupinski, E. A., Nodine, C. F., & Kundel, H. L. (1998). Enhancing recognition of lesions in radiographic images using perceptual feedback. *Optical Engineering*, *37*(3), 813-819. <https://doi.org/10.1117%2F1.601914&SSO=1>
- Kuss, D. J., Kristensen, A. M., Williams, A. J., & Lopez-Fernandez, O. (2022). to be or not to be a female gamer: a qualitative exploration of female gamer identity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph19031169>
- Kwak, Y., Payne, J. W., Cohen, A. L., & Huettel, S. A. (2015). The rational adolescent: Strategic information processing during decision making revealed by eye tracking. *Cognitive development*, *36*, 20-30. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2015.08.001>

- La Rivera, F. M. (2023). Framework for an eXtended Reality (XR) solution for holistic safety management in construction. Universitat Politècnica de Catalunya, España. 260p. (Phd, thesis).
- Laughery, K. R. (2006). Safety communications: warnings. *Applied Ergonomics*, 37, 467-478. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2006.04.020>
- Laughery, K. R., & Wogalter, M. S. (2014). A three-stage model summarizes product warning and environmental sign research. *Safety Science*, 61, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.02.012>
- LaViola, J. J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bull.* 32, 47–56. <https://doi.org/10.1145/333329.333344>
- Lavoué, É., Monerrat, B., Desmarais, M., & George, S. (2019). Adaptive Gamification for Learning Environments. *In: IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(1), 16–28. <https://doi.org/10.1109/TLT.2018.2823710>
- Lázaro, D.G., & Sánchez, F.S. (2022). Diseño y adaptación del serious game basado en el perfil del jugador del estudiante. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (79), 287-303. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.79.2117>
- Law, N., Pelgrum, W.J. & Plomp, T. (2008). *Pedagogy and ICT Use in Schools Around the World: Findings from the IEA SITES 2006 Study*. Springer, Hong Kong .
- Le, Q. T., Pedro, A., Lim, C. R., Park, H. T., Park, C. S., & Kim, H. K. (2015). A framework for using mobile based virtual reality and augmented reality for experiential construction safety education. *Int. J. Eng. Educ*, 31(3), 713–725. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/profile/Chansik\\_Park3/publication/276025929\\_A\\_Framework\\_for\\_Using\\_Mobile\\_Based\\_Virtual\\_Reality\\_and\\_Augmented\\_Reality\\_for\\_Experiential\\_Construction\\_Safety\\_Education/links/554e218708ae93634ec70057.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Chansik_Park3/publication/276025929_A_Framework_for_Using_Mobile_Based_Virtual_Reality_and_Augmented_Reality_for_Experiential_Construction_Safety_Education/links/554e218708ae93634ec70057.pdf)
- Lehto, M. R., & Miller, J. M. (1986). *Warnings. Volume I-Fundamentals, Design, and Evaluation Methodologies*. Fuller Technical Publications, Ann Arbor, Mich. 287 p.
- Lenihan, D. (2012). Health games: a key component for the evolution of wellness programs. *Games Health Res. Dev. Clin. Appl.*, 1 (3), 233–235. <https://doi.org/10.1089/g4h.2012.0022>
- Leote, R., & Cavalhieri, C. P. (2019). Tecnoperformance e instalação: possibilidades emergentes de produção artística com drones. *ARS*, 17(35), 239 - 256. <https://doi.org/10.11606/issn.2178-0447.ars.2019.152523>

- Lesch, M. F. (2003). Comprehension and memory for warning symbols: Age-related differences and impact of training. *Journal of Safety Research*, 34(5), 495–505. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2003.05.003>
- Lesch, M. F. (2008a). A comparison of two training methods for improving warning symbol comprehension. *Applied Ergonomics*, 39(2), 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2007.07.002>
- Lesch, M. F. (2008b). Warning symbols as reminders of hazards: Impact of training. *Accident Analysis and Prevention*, 40(3), 1005–1012. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.11.009>
- Lessiter, J., Freeman, J., Keogh, E., & Davidoff, J. (2001). A cross-media presence questionnaire: The ITC-Sense of Presence Inventory. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 10(3), 282-297. <https://doi.org/10.1162/105474601300343612>
- Li, C., Liang, W., Quigley C., Zhao Y. & Yu, L.-F (2017) . Earthquake Safety Training through Virtual Drills. in *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 23(4), 1275-1284, April 2017, <https://doi: 10.1109/TVCG.2017.2656958>.
- Li, M., Xu, C., Xu, Y., Ma, L., & Wei, Y. (2022). Dynamic Sign Guidance Optimization for Crowd Evacuation considering Flow Equilibrium. *Journal of Advanced Transportation*, 2555350. <https://doi.org/10.1155/2022/2555350>
- Liang,Z., Zhou, K. & Gao, K.(2019) Development of Virtual Reality Serious Game for Underground Rock-Related Hazards Safety Training, in *IEEE Access*, (7), 118639-118649, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2934990>
- Lijding, M., Benz, H., & Meratnia, N. C. (2007). Smart Signs. Twente University Enschede, Paises Bajos, 18p.
- Liu, D., Santhanam, R. & Webster, J.(2017). Toward meaningful engagment: a framework for design and research of gamified informarion systems. *MIS Quarterly*, 41(4), 1011–1034.
- Llorca, J., Zapata, H., Redondo, E., Alba, J., & Fonseca, D. (2018). Bipolar Laddering Assessments Applied to Urban Acoustics Education. In: *Rocha, Á., Adeli, H., Reis, L., Costanzo, S. (eds) Trends and Advances in Information Systems and Technologies. WorldCIST'18 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing*, 747. Springer, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-77700-9\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-319-77700-9_29)
- Locher, P., Krupinski,E.A., Mello—Toms, C., & Nodine, C.F.(2007) Visual interest in pictorial art during aesthetic experience. *Spat. Vis.*, 21, 55-77.
- Lovreglio, R., Gonzalez, V., Feng, Z., Amor, R., Spearpoint, M., Thomas, J., Trotter, M. & Sacks, R. (2018). Prototyping virtual reality serious games for building earthquake preparedness: The Auckland City

- Hospital case study. *Advanced Engineering Informatics*, 38, 670-682  
<https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.08.018>.
- Lu, Y., Gong, P., Tang, Y., Sun, S., & Li, Q. (2021). BIM-integrated construction safety risk assessment at the design stage of building projects. *Automation in Construction*, 124, 103553.  
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103553>
- Lu, Z.(2012). Learning with mobile technologies, handheld devices and smartphones: innovative methods. *IGI Global*, 1–272. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-0936-5.ch011>
- Ma, M. & Zheng H.(2011). Virtual Reality and Serious Games in healthcare. *In: Brahnham, S & Jain, L.C. (eds). Adv. Comput. Intell Paradigmas in Healthcare*, 6,169-192 Heidelberg
- Machkour, B. & Abriane,A. (2020). Industry 4.0 and its implications for the financial sector. *Procedia Computer Science*, 177, 496-502 <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.10.068>
- Malmqvist, J., Hellberg, K., Möllås, G., Rose, R., & Shevlin, M. (2019). Conducting the Pilot Study: A Neglected Part of the Research Process? Methodological Findings Supporting the Importance of Piloting in Qualitative Research Studies. *International Journal of Qualitative Methods*. <https://doi.org/10.1177/1609406919878341>
- Mantovani, G., Gamberini, L., Martinelli, M., & Varotto, D. (2001). Exploring the Suitability of Virtual Environments for Safety Training: Signals, Norms and Ambiguity in a Simulated Emergency Escape. *Cognition Technology Work*, 3(1), 33–41. <https://doi.org/10.1007/pl00011519>
- Marczewski, A. (2013). Gamification: a simple introduction. Andrzej M. (ed) 153 p.
- Martens, M. A., Antley, A., Freeman, D., Slater, M., Harrison, P. J., & Tunbridge, E. M. (2019). It feels real: Physiological responses to a stressful virtual reality environment and its impact on working memory. *Journal of Psychopharmacology*, 33(10), 1264–1273. <https://doi.org/10.1177/0269881119860156>
- Martins,L.B & Moraes, A de (2002). Ergonomia Inforamcional : algumas considerações sobre o sistema humano-mensagem visual. *Gestão da Informação na Competitividade das Organizações*. Recife: Editora Universitária da UFPE . pp 165-181.
- Maruejous, S., & Chopinaud, C. (2013). IMOSHION: A simulation framework using virtual intelligent agents for workplace evacuation in case of emergency situation. *Advances on practical applications of agents and multi-agent systems*, 304-307. Springer Berlin Heidelberg. Retrieved from [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-38073-0\\_33](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-38073-0_33)
- Masum, A. K. M., Shan-A-Alahi, A., Al Noman, A., Uddin, M. N., Azam, K. I., & Rakib, M. G. S. (2020). IoT-Based Smart Monitoring System to Ensure Worksite Safety—A Context of Garment Industry in

- Bangladesh. In G. Ranganathan, J. Chen, & Á. Rocha (Eds.), *Inventive Communication and Computational Technologies*, 1285–1293, Springer Singapore.
- McConnell, N. C., Boyce, K. E., Shields, J., Galea, E. R., Day, R. C., & Hulse, L. M. (2010). The UK 9/11 evacuation study: Analysis of survivors' recognition and response phase in WTC1. *Fire Safety Journal*, 45(1), 21-34. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.09.001>
- McNamara, N., & Kirakowski, J. (2006). Functionality, usability, and user experience: three areas of concern. *Interactions* 13 (6), 26–28. <https://doi.org/10.1145/1167948.1167972>
- Meier, C., Saorín, J. L., Bonnet de León, A., & Guerrero Cobos, A. (2020). Using the Roblox Video Game Engine for Creating Virtual tours and Learning about the Sculptural Heritage. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(20), 268–280. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i20.16535>
- Menezes, B., Yaqot, M., Hassaan, S., Franzoi, R., AlQashouti, N., & Al-Banna, A. (2022). Digital transformation in the era of industry 4.0 and society 5.0: a perspective, *2nd International Conference on Emerging Smart Technologies and Applications (eSmarTA)*, Ibb, Yemen, pp. 1-6, doi: 10.1109/eSmarTA56775.2022.9935399
- Meng, F., & Zhang, W. (2014). Way-finding during a fire emergency: an experimental study in a virtual environment. *Ergonomics*, 57(6), 816-827
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers and Education*, 70, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Merlino, G., Bruneo, D., Distefano, S., Longo, F., Puliafito, A., & Al-Anbuky, A. (2015). A smart city lighting case study on an OpenStack-powered infrastructure. *Sensors (Switzerland)*, 15(7), 16314–16335. <https://doi.org/10.3390/s150716314>
- Merriam- Webster (2015). Merriam Webster, Retrieved January, 2021 from <https://www.merriam-webster.com/dictionary/virtual%20reality>
- Michael, D. R., & Chen, S. L. (2005). *Serious games: Games that educate, train, and inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade.
- Mildner, P., & Floyd Mueller, F. (2016). Design of Serious Games BT - Serious Games: Foundations, Concepts and Practice. In R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg, & J. Wiemeyer (Eds.) (pp. 57–82). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-40612-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-40612-1_3)

- Millard, J. (2023). Impact of digital transformation on public governance (No. JRC133975. Joint Research Centre (Seville site).
- Miller, J., Patterson, T., & Ulrich, R. (1998). Jackknife-based method for measuring LRP onset latency differences. *Psychophysiology*, 35(1), 99–115 <https://doi.org/10.1111/1469-8986.3510099>
- MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMIA SOCIAL (2022), Archivo Central del Ministerio de Trabajo y Economía Social, ATR-2021 Retrieved from: [https://www.mites.gob.es/estadisticas/eat/eat21/Resumen\\_resultados\\_ATR\\_2021.pdf](https://www.mites.gob.es/estadisticas/eat/eat21/Resumen_resultados_ATR_2021.pdf)
- Mollet, N., & Arnaldi, B. (2006). Storytelling in virtual reality for training. *Proceedings of first international conference, technologies for e-learning and digital entertainment (EDUTAINMENT '06)*, 334–347. [https://doi.org/10.1007/11736639\\_45](https://doi.org/10.1007/11736639_45)
- Molina-Carmona R & Llorens-Largo F. (2020). Gamification and Advanced Technology to Enhance Motivation in Education. *Informatics*. 2020; 7(2):20. <https://doi.org/10.3390/informatics7020020>
- Montagne, M. (2013). Pharmaceutical pictograms: a model for development and testing comprehension and utility. *Res.Soc. Adm. Pharm* 9 (5), 609-620. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2013.04.003>
- Moreira, F., Ferreira, M.J., Escudero, D.F., Pereira, C.S., & Dúrao, N. (2020) Teaching and Learning Modelling and Specification Based on Gamification. *Iber. Conf. Inf. Syst. Technol. Cist*. 2020, 24–27.
- Moss, J. D., & Muth, E. R. (2011). Characteristics of head-mounted displays and their effects on simulator sickness. *Hum. Factors*. 53, 308–319. <https://doi.org/10.1177/0018720811405196>
- Mullen, J. (2004). Investigating factors that influence individual safety behavior at work. *Journal of Safety Research*, 35(3), 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2004.03.011>
- Muria-Tarazón JC, Gil-Gómez H, Mesa-Gresa P & Gil-Gómez J-A. (2023). Is Virtual Rehabilitation Technology Ready to Be Widely Integrated in the Rehabilitation Area? An IT Governance Perspective. *Applied Sciences*; 13(8):4786. <https://doi.org/10.3390/app13084786>
- Murray, L.A., Magurno, A.B., Glover, B.L. & Wogalter, M.S. (1998). Prohibitive pictorials: evaluations of different circle-slash negation symbols. *Int. J. Ind. Ergonomics* 22, 473–482.
- Mutis, I., & Ramachandran, A. (2021). The Bimbot: Mediating technology for enacting coordination in teamwork collaboration. *Journal of Information Technology in Construction*, 26 <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2021.009>
- Nakamura, J., & Csikszentmihalyi, M. (2014). The concept of flow. In *Flow and the foundations of positive psychology*. Springer Netherlands, 239–263.

- Nasir, M., Ikram, N., & Jalil, Z. (2022). Usability inspection: Novice crowd inspectors versus expert. *Journal of Systems and Software*, 183, 111122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.111122>
- Navarro, I., Fonseca, D., Redondo, E., Sánchez, A., Martí, N., & Simón, D. (2012). Teaching evaluation using augmented reality in architecture methodological proposal. In Rocha, A., Calvo-Manzano, J.A., Paulo, L., Pérez-Cota, M. (Ed.). *Proceedings of 7<sup>o</sup> Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información* (pp.685-690). Madrid: Aist
- Navarro Delgado, I., & Fonseca Escudero, D. (2017). Nuevas tecnologías de visualización para mejorar la representación de arquitectura en la educación. *ACE: architecture, city and environment*, 12(34), 219-238.
- Navarro, I., De Reina, O., Fonseca, D., Gómez, M., & Ferrer, Á. (2017). Virtual reality using smart-devices in educational frameworks: Case study: Museum casa batlló. *International Journal of Technology and Human Interaction*, 13(4), 50–61. <https://doi.org/10.4018/IJTHI.2017100104>
- Nedel, L., Menin, A., Souza, V. C. de;, Sebben, L., Oliveira, J., Faria, F., & Maciel, A. (2016). Using immersive virtual reality to reduce work accidents in developing countries. *Visual computing and the progress of developing countries*, 36–46. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Niehorster, D. C., Li, L., & Lappe, M. (2017). The accuracy and precision of position and orientation tracking in the HTC vive virtual reality system for scientific research. *i-Perception*, 8(3), <https://doi.org/10.1177/2041669517708205>
- Nielsen, J. (1994). Usability inspection methods. *John Wiley & Sons*, New Work, 448 p.
- Norman, D., Miller, J., & Henderson, A. (1995). What You See, Some of What's in the Future, And How We Go About Doing It. *HI at Apple Computer*. <https://doi.org/10.1145/223355.223477>
- Norris, D. (2017). Short-term memory and long-term memory are still different. *Psychological Bulletin*, 143(9), 992–1009. <https://doi.org/10.1037/bul0000108>
- Olander, J., Ronchi, E., Lovreglio, R., & Nilsson, D. (2017). Dissuasive exit signage for building fire evacuation. *Applied Ergonomics*, 59, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.08.029>
- Olyazadeh, R. (2013). Evaluating dynamic signage for emergency evacuation using an imersive video environment. Universität Münster, Institut für Geoinformatik, German, 2013. 63p. (Master dissertation)
- Olmos-Raya, E., Cavalcanti, J.F.; Contero, M.; Castellanos, M.C., Giglioli, I.A.C., & Alcañis, M. (2018). Mobile virtual reality as an educational platform: al pilot study on the impact of inmersion and

- positive emotion induction in the learning process. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(6), 2045-2057. <https://doi.org/10.29333/ejmste/85874>
- Oprescu, F., Jones, C., & Katsikitis, M. (2014). I PLAY AT WORK—ten principles for transforming work processes through gamification. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2014.00014>
- Organization of International Standards (1988). ISO 3461-1, General Principles for the Creation of Graphical Symbols. International Organization for Standardization, Geneva
- Organización Internacional de Normalización. (2018). Ergonomía de la interacción hombre-sistema. Parte 11:Usabilidad, Definiciones y conceptos (ISO 9241-11:2018)
- Organization of International Standards (2021). ISO 7010:2011, Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Registered safety. International Organization for Standardization, Geneva
- Osterwalder, A., Pigneur, Y., & Smith, A. (2010). Business model generation: a handbook for visionaries, game changers and challengers. John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey 288p.
- Palacios-Ibáñez, A., Alonso-García, M., Contero, M., & Camba, J. D. (2022). The Influence of Hand Tracking and Haptic Feedback for Virtual Prototype Evaluation in the Product Design Process. *ASME. J. Mech. Des.*; 145(4): 041403. <https://doi.org/10.1115/1.4055952>
- Palacios-Ibáñez, A., Navarro-Martínez, R., Blasco-Esteban, J., Contero, M., & Camba, J. D. (2023). On the application of extended reality technologies for the evaluation of product characteristics during the initial stages of the product development process. *Computers in Industry*, 144, 103780. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103780>
- Parsamehr, M., Perera, U. S., Dodanwala, T. C., Perera, P., & Ruparathna, R. (2023). A review of construction management challenges and BIM-based solutions: Perspectives from the schedule, cost, quality, and safety management. *Asian Journal of Civil Engineering*, 24(1), 353–389. <https://doi.org/10.1007/s42107-022-00501-4>
- Parsons, D (2012). Refining current practices in mobile and blended learning: New applications. *IGI-GLOBAL* 336 p.
- Parsons, T.D., & Rizzo, A.A. (2008). Affective outcomes of virtual reality exposure therapy for anxiety and specific phobias: a meta analysis. *Journal of Behaviour Theraoy Exp. Psychiatry*, (39) 250–261.
- Patil, A., Dwivedi,A., Muktadir, Md.A. & Lakshday (2023). Big data-Industry 4.0 readiness factors for sustainable supply chain management: Towards circularit. *Computers & Industrial Engineering*, 178, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109109>

- Peperkorn, H. M., Diemer, J., & Mühlberger, A. (2015). Temporal dynamics in the relation between presence and fear in virtual reality. *Computers in Human Behavior*, 48, 542–547. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2015.02.02>
- Pham K-T., Vu D-N., Hong PLH & Park C.(2020). 4D-BIM-Based Workspace Planning for Temporary Safety Facilities in Construction SMEs. *International Journal of Environmental Research and Public Health*; 17(10):3403. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103403>
- Pifarré M., Sorribas, X., & Villegas, E. (2009). BLA (Bipolar Laddering) Applied to YouTube. Performing Postmodern Psychology Paradigms in User Experience Field. *Advanced Technologies*. <https://doi.org/10.5772/8233>
- Popescu, M.M., Romero,M. & Usart,M. (2013). Serious games for serious learning using SG for business, managment and defence education. *Int. J. Comput. Sci. Res. Appl.* , 3 (1), 5–15.
- Porto Canal(2013). ACT suspende 4 estaleiros de construção em Braga por perigo grave e iminiente [Fotografía]. <https://portocanal.sapo.pt/noticia/6093> (retrieved September, 2023)
- Pouryaghoubi, P., & Mohammadi, A. (2023). Examining the position of building information modeling (BIM) technology in different dimensions of building smartness. arXiv Preprint arXiv:2309.03015.
- Preece, J.,Rogers, Y. & Sharp,L. (2002). Interaction design:beyond human-computer interaction.J. Wiley & Sons, Nova Jersey, Estados Unidos, 519 p. ISBN: 0471402494, 9780471402497
- Putze, S., Alexandrovsky, D., Putze, F., Höffner, S., Smeddinck, J. D., & Malaka, R. (2020). Breaking The Experience: Effects of Questionnaires in VR User Studies. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–15. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376144>
- Quintana, P., Bourchard, S.,& Cárdenas-López, G. (2014). Efectos secundarios negativos de la inmersión con realidad virtual en poblaciones clínicas que padecen ansiedad. *In: Revista de Psicopatología y Psicología Clínica* , 19 (3), 197-207 <http://dx.doi.org/10.5944/rppc.vol.19.num.3.2014.13901>
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. *Boletín Oficial del Estado*, n. 97 de 23 de abril de 1997. Retrieved on: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/04/14/485>
- Rebelo, F., Noriega, P., Duarte, E., & Soares, M. (2012). Using virtual reality to assess user experience. *Human Factors*, 54(6), 964–982. <https://doi.org/10.1177/0018720812465006>
- Rednic, E., Toma, A., & Apostu, A. (2013). Organize distributed work environments in a game-like fashion. *Z. Chen and E. Lopez-Neri (eds). Recent Advances in Knowledge Engineering and Systems Science*, WSEAS Press, Cambridge, 213-218.

- Redondo, E., Fonseca, D., Valls, F., & Olivares, A. (2016). Mobile device based teaching. New challenges in architectural representation education. Case of study: The “tianguis” in Tonalá, Jalisco, Mexico. *EGA Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, 21(27), 64–73. <https://doi.org/10.4995/ega.2016.4730>
- Redondo, E., Fonseca, D., Sanchez-Sepulveda, M., Zapata, H., Navarro, I., Gimenez, L. & Pérez, M.A. (2020). EDUGAME4CITY. A Gamification for Architecture Students. Viability Study Applied to Urban Design. In: Zaphiris, P., Ioannou, A. (eds) *Learning and Collaboration Technologies. Human and Technology Ecosystems. HCI 2020. Lecture Notes in Computer Science*, 12206. Springer, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-50506-6\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50506-6_22)
- Reiman, A., Väyrynen, S., Haapasalo, H., Pedersen, L. M., Sormunen, E., Räsänen, T., & Airaksinen, O. (2019). Safety Training Parks—Cooperative Contribution to Safety and Health Trainings. *International Journal of Construction Education and Research*, 15(1), 19–41. <https://doi.org/10.1080/15578771.2017.1325793>
- Reiners, T., Wood, L. C., Chang, V., Gütl, C., Herrington, J., Teräs, H., & Gregory, S. (2012). Operationalising gamification in an educational authentic environment. *IADIS International Conference on Internet Technologies & Society*, (NOVEMBER), 93–100.
- Reis, A., & Verissimo, J.M.C. (2022). The journey of cultures and social responsibility and its relationship with organizational performance: pathway and perspectives. *Journal of Organizational Effectiveness People and Performance*, 10 (3), 22–42. <https://doi.org/10.1108/JOEPP-01-2022-0016>
- Ríos, A., & Pelechano, N. (2020). Follower behaviour under stress in immersive VR. *Virtual Reality*, 24, 683-694. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00428->
- Ríos, A. (2021). Walking with virtual humans: understanding human response to virtual humanoids’ appearance and behaviour while navigating in immersive VR. Universitat Politècnica de Catalunya, España, 164p.(Phd,thesis).
- Ripoll, O. (2016). Taller de creació de jocs, una assignatura gamificada. In: Contreras, R.S., Eguia, J.L. (eds). *Gamificación en las aulas universitarias*. Incom UAB (ISBN:978-84-944171-6-0), pp.26-39.
- Ritterfeld, U., Cody, M., & Vorderer, P. (2009). *Serious games: mechanisms and effects*. Routledge, London, 552p.
- Rizzo, A. a, Bowerly, T., Buckwalter, J. G., Klimchuk, D., Mitura, R., & Parsons, T. D. (2006). A virtual reality scenario for all seasons: the virtual classroom. *CNS Spectrums*, 11(1), 35–44. <https://doi.org/10.1080/09602010343000183>

- Robert, G., & Hockey, J. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: A cognitive-energetical framework. *Biol. Psychol.*, 45(1), 73–93. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(96\)05223-4](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(96)05223-4)
- Roca, J. C. & Gagné, M.(2008). Understanding e-learning continuance intention in the workplace: a self-determination theory perspective. *Comput. Hum. Behav.* 24, 1585–1604 (2008). <https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.06.001>
- Rodrigues F., Baptista J.S. & Pinto D.(2022). BIM approach in construction safety—a case study on preventing falls from height. *Buildings*; 12(1):73. <https://doi.org/10.3390/buildings12010073>
- Rodríguez, R. L., Borrego, A., Marí, C., Sáez, J., & Contero, M. (2022). Design of a competitive multi-player mobile game to train spatial skills. In *INTED2022 Proceedings*, 4106-4112. IATED. <https://doi.org/10.21125/inted.2022.1119>
- Rojas, J.-C., Marín-Morales, J., Ausín Azofra, J. M., & Contero, M. (2020). Recognizing Decision-Making Using Eye Movement: A Case Study With Children. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.570470>
- Ronchi, E., Kinateder, M., Müller, M., Jost, M., Nehfischer, M., Pauli, P., & Mühlberger, A. (2015). Evacuation travel paths in virtual reality experiments for tunnel safety analysis. *Fire technology*, 71, 257-267. <http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2014.11.005>
- Ronchi, E., Nilsson, D., Kojić, S., Eriksson, J., Lovreglio, R., Modig, H., & Walter, A. L. (2016). A virtual reality experiment on flashing lights at emergency exit portals for road tunnel evacuation. *Fire technology*, 52, 623-647 . <https://doi.org/10.1007/s10694-015-0462-5>
- Rogers, W. A., Lamson, N., & Rousseau, G. K. (2000). Warning Research: An Integrative Perspective. *Human Factors*, 42(1), 102–139. <https://doi.org/10.1518/001872000779656624>
- Rohrmann, B. (1994). Risk perception of different societal groups: Australian findings and crossnational comparisons. *Australian journal of psychology*, 46(3), 150-163.
- Rosa, C. (2015). Design processes in pictogram design: form and harmony through modularity. *Procedia Manuf.* 3, 5731-5738 <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.812>
- Rosendo, M., Buriol, T., De Geus, K., Scheer, S., & Felsky, C. (2011). Towards the development of a 3D serious game for training in power network maintenance. *Proceedings - 2011 3rd International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications, VS-Games 2011*, 16–23. <https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2011.46>

- Sakhakarmi, S., & Park, J. (2022). Improved intrusion accident management using haptic signals in roadway work zone. *Journal of Safety Research*, 80, 320–329.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.12.015>
- Saleem, A. N., Noori, N. M., & Ozdamli, F. (2022). Gamification Applications in E-learning: A Literature Review. *Technology, Knowledge and Learning*, 27(1), 139–159. <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09487-x>
- Saleh, J. H., & Pendley, C. C. (2012). From learning from accidents to teaching about accident causation and prevention: Multidisciplinary education and safety literacy for all engineering students. *Reliability Engineering & System Safety*, 99, 105–113. <http://doi.org/10.1016/j.ress.2011.10.016>
- Sami Ur Rehman, M., Thaheem, M. J., Nasir, A. R., & Khan, K. I. A. (2022). Project schedule risk management through building information modelling. *International Journal of Construction Management*, 22(8), 1489–1499. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1728606>
- Sanchez-Sepulveda, M.V., Fonseca, D., Franquesa, J., & Redondo, E. (2019). Virtual innovations applied for digital urban transformations. Mixed approach. *Future Generation Computer Systems*, 91, 371–381. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.08.016>
- Sanchez-Sepulveda MV, Torres-Kompen R, Fonseca D & Franquesa-Sanchez J. (2019) Methodologies of learning served by virtual reality: a case study in urban interventions. *Applied Sciences*; 9(23):5161. <https://doi.org/10.3390/app9235161>
- Saredakis, D., Szpak, A., Birckhead, B., Keage, H., Rizzo, A. & Loetscher, T. (2020). Factors associated with virtual reality sickness in head-mounted displays: a systematic review and meta-analysis. *Front. Hum. Neurosci.* 14:96. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00096>
- Saunders, B., Sim, J., Kingstone, T., Baker, S., Waterfield, J., Bartlam, B., Burroughs, H. & Jinks, C. (2018). Saturation in qualitative research: Exploring its conceptualization and operationalization [Article]. *Quality & Quantity*, 52(4), 1893–1907. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0574-8>
- Schiavini, R., & Meurer, H. (2021). Using virtual reality to the safety warnings design: the efficiency through presence. *Revista Conhecimento Online*, 2, 21–45. <https://doi.org/10.25112/rco.v2i0.2535>
- Schmuntzsch, U., Sturm, C., & Roetting, M. (2014). The warning glove- Development and evaluation of a multimodal action-specific warning prototype. *Applied Ergonomics*, 45(5), 1297–1305. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.09.015>
- Schwind, V., Knierim, P., Haas, N., & Henze, N. (2019). Using Presence Questionnaires in Virtual Reality. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–12. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300590>

- Sen, A., Chuen, C. L., & Zay Hta, A. C. (2018). Toward smart learning environments: affordances and design architecture of augmented reality (ar) applications in medical education. In *Proceedings of First International Conference on Smart System, Innovations and Computing: SSIC 2017, Jaipur, India*. Springer Singapore 843-861
- Seo, H.C., Lee, Y.S., Kim, J.J & Jee, N.Y. (2015). Analyzing safety behaviours of temporary construction workers using structural equation modeling. *Safety Science*, 77, 160-168 <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.03.010>
- Serig, E.M. (2001). The influence of container shape and color cues on consumer product risk perception and precautionary intent. In: *Wogalter, M.; Stephen, L. & Laughery, K.R (eds), Human Factors Perspective on Warnings, 2*, 185-188.
- Seton (2023). Placa de perigo – Corrosivo evite contato com olhos e pele (fotografia). <https://www.seton.com.br/placa-de-perigo-corrosivo-evite-contato-com-olhos-e-pele.html> (retrieved september, 2023)
- Shanteau, J., & Dino, G.A. (1993). Environmental Stressor Effects on Creativity and Decision Making. In: *Svenson, O., Maule, A.J. (eds) Time Pressure and Stress in Human Judgment and Decision Making*. Springer, Boston, MA, 293-308. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6846-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6846-6_19)
- Sheridan, T. B. (1996). Further musings on the psychophysics of presence. In: *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 5(2) 241-246.
- Sherman, W.R & Craig, A.B. (2003). Understanding virtual reality. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers. 608p.
- Sherratt, A. (2006). Las señales de seguridad en un sitio de construcción UK [Fotografía]. Alamy: <https://www.alamy.es/las-senales-de-seguridad-en-un-sitio-de-construccion-uk-image9986630.html?imageid=EAAD912E-B3F7-4231-AABE-4801F9114A96&p=9493&pn=1&searchId=9c36349a7f8ff26e7f7ccd1a879de3c0&searchtype=0>. (Retrieved september, 2023)
- Shi, J., Dong, D., Ding, N., Sun, C., & Fan, Z. (2022). Does a large group of pedestrians follow the evacuation signs? An experimental study. *Journal of Safety Science and Resilience*, 3(4), 353–361. <https://doi.org/10.1016/j.jnlssr.2022.08.002>
- Shute, V. J., Ventura, M., Zapata-Rivera, D., & Bauer, M. (2009). Melding the power of serious games and embedded assessment to monitor and foster learning flow and grow. *Serious games: Mechanisms and effects*, 1. <https://doi.org/10.4324/9780203891650>

- Shute, V., & Ventura, M. (2013). Stealth assessment in video games. In *The MIT Press* (pp. 61–65). Retrieved from: [http://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1264&context=research\\_conference](http://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1264&context=research_conference)
- Siddiqi, S. H., Shukla, V. K., Bhardwaj, A. B. & Gaur, D. (2021) Analyzing Psychological Gamers Profile through Progressive Gaming and Artificial Intelligence, *9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO)*, Noida, India, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/ICRITO51393.2021.9596185>.
- da Silva, AG., Mendes Gomes, M,V. & Winkler I.(2022). Virtual reality and digital human modeling for ergonomic assessment in industrial product development: a patent and literature review. *Applied Sciences*. 2022; 12(3):1084. <https://doi.org/10.3390/app12031084>
- Silva, V.B (2016). Uma abordagem para análise e monitoramento de simulador sickness em ambientes de realidade virtual. São Paulo (Master Dissertation)
- Skarbez, R., Brooks, F. P., Jr., & Whitton, M. C. (2017). A Survey of Presence and Related Concepts. *ACM Comput. Surv.*, 50(6). <https://doi.org/10.1145/3134301>
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1994). Depth of presence in virtual. *Presence- Teleoperators and Virtual Environments*, 3 (2), 130-144.
- Slater, M., & Steed, A. (2000). A Virtual Presence Counter. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9(5), 413–434. <https://doi.org/10.1162/105474600566925>
- Slater, M. (2009). Place ilusion and plausibility can lead to realistica behaviour in immersive virtual environments. *Philosophical transaction of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* , 364 (1535), 3549-3557. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0138>
- Smith-Jackson, T., & Wogalter, M. (2004). Potential uses of technology to communicate risk in manufacturing. *Human Factors and Ergonomics in Manufacaturing* 14 (1), 1-14. Published online in Wiley InterScience ([www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)). DOI: 10.1002/hfm.10049
- Smith, J. G., Alamiri, N. S., Biegger, G., Frederick, C., Halbert, J. P., & Ingersoll, K. S. (2022). Think-Aloud Testing of a Novel Safer Drinking App for College Students During COVID-19: Usability Study. *JMIR Formative Research*, 6(2), e32716.
- Smith, S., & Ericson, E. (2009). Using immersive game-based virtual reality to teach fire-safety skills to children. *Virtual Reality*, 13(2), 87-99.
- Sneddon, A., Mearns, K., & Flin, R. (2013). Stress, fatigue, situation awareness and safety in offshore drilling crews. *Safety Science*, 56, 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.05.027>

- So, R. H. Y., Lo, W. T., & Ho, A. T. K. (2001). Effects of Navigation Speed on Motion Sickness Caused by an Immersive Virtual Environment. *Human Factors*, 43(3), 452–461.  
<https://doi.org/10.1518/001872001775898223>
- Soares, M.M. (2021). Metodologia de ergodesign para o design de produto: uma abordagem centrada no humano. São Paulo: Edgar Blucher LTDA, 294 p ISBN 978-65-5506-165-9.
- Soler-Domínguez, J. L., de Juan, C., Contero, M., & Alcañiz, M. (2020). I walk, therefore I am: a multidimensional study on the influence of the locomotion method upon presence in virtual reality. *Journal of Computational Design and Engineering*, 7(5), 577–590.  
<https://doi.org/10.1093/jcde/qwaa040>
- Soler-Domínguez, J.L. (2020). Influencia del diseño de interacción sobre la experiencia de usuario en entornos de aprendizaje en Realidad Virtual: un estudio centrado en las metáforas de navegación. Universitat Politècnica de València, España, 2020. 153p.(Phd,thesis).  
<https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/149393>
- Spinillo, C.G. (2000) .An analytical approach to procedural pictorial sequences. Reino Unido, 2000. 235p. - Department of Typography & Graphic Communication, The University of Reading (Phd,thesis).
- Spinuzzi, C. (2005). The methodology of participatory design. *Technical Communication* 52 (2) 163-174.
- Srećković, M., Šibenik, G., & Breitfuß, D. (2022). Capturing and Transforming Planning Processes for Smart Contracts. In T. Dounas & D. Lombardi (Eds.), *Blockchain for Construction*, pp. 75–88. Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-3759-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-19-3759-0_5)
- Stanney, K., Hale, K. S., Nahmens, I., & Kennedy, R. S. (2003). What to expect from immersive virtual environment exposure: influences of gender, body mass index, and past experience. *Hum. Factors*. 45, 504–520. <https://doi.org/10.1518/hfes.45.3.504.27254>
- Stanney, K., Fidopiastis, C., & Foster, L. (2020). Virtual reality is sexist: but it does not have to be. *Frontiers in Robotics and AI*, 7, 4. <https://doi.org/10.3389/frobt.2020.00004>
- Sun, H., Li, S., Zhu, Y., & Hsiao, B. (2015). The effect of user 's perceived presence and promotion focus on usability for interacting in virtual environments. *Applied Ergonomics*, 50, 126–132.  
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.03.006>
- Sutherland, I.E. (1965). The ultimate display. Proc. IFIP Congr. 2 506-508.
- Tang, C., Wu, T. & Lin, C. (2009) Using virtual reality to determine how emergency signs facilitate way-finding, *Applied Ergonomics*, 40 (4), 722-730, <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.06.009>.

- Tate, D. L., Sibert, L., & King, T. (1997). Using virtual environments to train firefighters. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 17(6), 23–29. <http://doi.org/10.1109/38.626965>
- Taylor, E. L. (2015). Safety benefits of mandatory OSHA 10 h training. *Safety Science*, 77, 66–71. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.03.003>
- Tikhomirov, V., Dneprovskaya, N., & Yankovskaya, E. (2015). Three dimensions of smart education. In : L. Uskov, V., Howlett, R., Jain, L. (eds) *Smart Education and Smart e-Learning* (41), 47-56. Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-19875-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-19875-0_5)
- Towner, E. B. (2019). Danger in public spaces: strenghts and limitations of image-and text-based warning signs. *Business and Professional Communication Quarterly*, 82(1), 53–73. <https://doi.org/10.1177/2329490618815697>
- Twyman, N. (1985). Using pictorial language: a discussion of the dimensions of the problem. In: *DUFTY, T.M. & WALLER, R. Deisgning usabel texts*. Orlando, Florida: Academic Press, p. 245-312
- Usoh, M., Arthur, K., Whitton, M., Bastos, R., Steed, A., Slater, M., & Btooks, F.P.(1999) Walking>walkin-in-place>flying, in virtual environments. In : *SIGGRAPH'99 Proceedings of the 26th annual conference on computer graphics and interactive rechniques.*, 359-364. <https://doi.org/10.1145/311535.311589>
- Valentino, K., Christian, K., & Joelianto, E. (2017). Virtual reality flight simulator. *Internetworking Indonesia Journal*, 9(1), 21-25.
- Vanicek, T., & Popelka, S.(2023) The Think-Aloud Method for Evaluating the Usability of a Regional Atlas. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(3), 95. <https://doi.org/10.3390/ijgi12030095>
- Valerie Jane, G. (2019). Measures of Situational Awareness. *Human Performance and Situation Awareness Measures*. <https://doi.org/10.1201/9780429001024-3>
- van Beusekom, M. M., Kerkhoven, A. H., Bos, M. J. W., Guchelaar, H.-J., & van den Broek, J. M. (2018). The extent and effects of patient involvement in pictogram design for written drug information: a short systematic review. *Drug Discovery Today*, 23(6), 1312–1318. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.drudis.2018.05.013>
- Vicent, L.; Villagrasa, S.; Fonseca, D. & Redondo, E. (2015). Virtual learning scenarios for qualitative assessment in higher education 3D arts. *Journal of Universal Computer Science*, 21 (8), 1086–1105. <https://doi.org/10.3217/jucs-021-08-1086>

- Vilar, E., Rebelo, F., Noriega, P., Teles, J., & Mayhorn, C. (2013). The influence of environmental features on route selection in an emergency situation. *Applied Ergonomics*, 44(4), 618–627. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.12.002>
- Vilar, E., Duarte, E., Rebelo, F., Noriega, P., & Vilar, E.F (2014). A Pilot Study Using Virtual Reality to Investigate the Effects of Emergency Egress Signs Competing with Environmental Variables on Route Choices. *Des. User Exp. Usability. User Exp. Des. Everyday Life Appl. Serv.*, 8519, 530–541.
- Vilar, E., Rebelo, F., Noriega, P., Duarte, E., & Mayhorn, C. B. (2014). Effects of competing environmental variables and signage on route-choices in simulated everyday and emergency wayfinding situations. *Ergonomics*, 57(4), 511–524. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.895054>
- Vilar, E., Rebelo, F., & Noriega, P. (2018). Smart Systems in Emergency Wayfinding: A Literature Review. *In Design, User Experience, and Usability: Designing Interactions*, pp. 379–388. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-91803-7\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91803-7_28)
- Villagrasa, S., Fonseca, D., & Redondo, E. (2014). Teaching Case of Gamification and Visual Technologies for Education. *Journal of Cases on Information Technology* 16 (4), 38-57. IGI Global USA. <https://doi.org/10.4018/jcit.2014100104>
- Villegas, E. (2019). Metodología Ím in: metodología de experiencia de usuario basada en el paradigma de la gamificación para la mejora de la experiencia subjetiva. Universidad La Salle, Universitat Ramon Llull, España, 2019. 439p.(Phd,thesis).
- Villegas, E., Labrador, L., Fonseca, D, Fernández-Guinea, S., & Moreira, F. (2019). Design Thinking and Gamification: user centered methodologies. *In : P. Zaphiris,, Ioannou, A. (eds) HCII 2019, LNCS 11590*, 115-124. Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-21814-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-21814-0_10)
- Villegas, E., Fonseca, D., Peña, E., Bonet, P., & Fernández-Guinea, S. (2021). Qualitative assessment of effective gamification design processes using motivators to identify game mechanics. *Sensors*, 21(7), 1–20. <https://doi.org/10.3390/s21072556>
- Vive (2018). What is the recommended space for the play area? [online]. Retrieved 10 February, 2020 from: [https://www.vive.com/us/support/vive/category\\_howto/what-is-the-recommended-space-for-play-area.html](https://www.vive.com/us/support/vive/category_howto/what-is-the-recommended-space-for-play-area.html).
- Wang, B. et al.(2020) Research on Test Method of Commercial Vehicle Forward Collision Warning Systems. *IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE)*, Beijing, China, 2020, 590-595, <https://doi.org/10.1109/ICITE50838.2020.9231324>.

- Wangr, Y. (2021). Medical-based pictogram: comprehension of visual language with semiotic theory. *In: Duffy, V.G. (eds) Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management. Human Body, Motion and Behavior. HCII 2021, LNCS 12777, 320-342.* Springer Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-77817-0\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77817-0_23)
- Welch, R. B., Blackmon, T. T., Liu, A., Mellers, B. A., & Stark, L. W. (1996). The effects of pictorial realism, delay of visual feedback, and observer interactivity on the subjective sense of presence. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments, 5*(3), 263-273.
- Werbach, K., & Hunter, D. (2012). For the win: How game thinking can revolutioniza your business. Wharton Digital Press, Pennsylvania, 148 p.
- Williams D., Yee, N. & Caplan, E.S. (2008). Who plays, how much, and why? Debunking the stereotypical gamer profile, *Journal of Computer-Mediated Communication, 13* (4), 993–1018, <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2008.00428.x>
- Williams-Bell, F. M., Kapralos, B., Hogue, A., Murphy, B. M., & Weckman, E. J. (2015). Using serious games and virtual simulation for training in the fire service: a review. *Fire Technology, 51*, 553-584. <https://doi.org/10.1007/s10694-014-0398-1>
- Winn, W., Windschitl, M., Fruland, R., & Lee, Y. (2002). When Does Immersion ina a virtual Environment Helps Students construct Understanding? In *ICLS 2002* 497–503. Seattle, Washington. Retrieved from <https://www.isls.org/icls/2002/>
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments : a presence questionnaire. *Presence: teleopertors and virtual environments. Massachussets.7*(3), 225-240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- Wogalter, M. S., Kalsher, M. J., & Racicot, B. M. (1993). Behavioral compliance with warnings: effects of voice, context, and location. *Safety Science, 16*(5), 637–654. [https://doi.org/10.1016/0925-7535\(93\)90028-C](https://doi.org/10.1016/0925-7535(93)90028-C)
- Wogalter, M. S., Jarrard, S. W., & Simpson, S. N. (1994). Influence of warning label signal words on perceived hazard level. *Human Factors, 36*(3), 547-556. <https://doi.org/10.1177/154193120004402250>
- Wogalter, M. S., & Laughery, K. R. (1996). WARNING! Sign and Label Effectiveness. *Current Directions in Psychological Science, 5*(2), 33–37. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10772712>
- Wogalter, M. S., DeJoy, D., & Laughery, K. R. (1999). Organizing theoretical framework: a consolidated communication-human information processing (C-HIP) model. In *Warnings and risk communication.* Taylor & Francis , 29–37.

- Wogalter, M. S., & Dingus, T. A. (1999). Methodological Techniques for evaluating behavioural intentions and compliance. *Warnings and Risk Communications*, 53–81.
- Wogalter, M. S., & Barzegar, R. S. (2000). Intended carefulness ratings for voiced warning statements. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 44* ( 22), 686-689 Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Wogalter, M.S. & Shaver, E.(2001). Evaluation of list vs. paragraph textformat on search time for warning symptoms in a product manual.In: *Bittner, A.C., et al. (Ed.), Advances in OccupationalErgonomics and Safety. IOS Press, Amsterdam*, pp. 434–43
- Wogalter, M. S., Conzola, V. C., & Smith-Jackson, T. L. (2002). Research-based guidelines for warning design and evaluation. *Applied Ergonomics*, 33(3), 219–230. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(02\)00009-1](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(02)00009-1)
- Wogalter, M. S., & Mayhorn, C. B. (2005). Providing cognitive support with technology-based warning systems. *Ergonomics*, 48(5), 522–533. <https://doi.org/10.1080/0014013040002925>
- Wogalter, M. S. (2006). Future technology-based warning systems. *ABERGO*, 1-13
- Won, A. S., Friend, M., Perone, B., & Bailenson, J. N. (2016). Identifying Anxiety Through Tracked Head Movemnts in a Virtual Classroom. *Cyberpsychology, behaviour, and social networking*, 19(6), 380–387. <https://doi.org/10.1089/cyber.2015.0326>
- Xia, X., Li, N., & González, V. A. (2021). Exploring the influence of emergency broadcasts on human evacuation behavior during building emergencies using virtual reality technology. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 35(2).
- Xie, X., & Xv, L. (1996). Public bias in risk perception. *Adv. Psychol. Sci*, 2, 23-26.
- Xu,Z., Lu, X.Z., Guan, H.,Chen,C.,& Ren, A.Z.(2014).A virtual reality based fire training simulator with smoke hazard assessment capacity.*Advances in Engineering Software*, 68, 1-8 <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.10.004>.
- Yamaguchi, M., Matsumura, M., Shimada, H., & Araki, K. (2019). Emotional evaluation for pictures displayed with small FOV telescope environment in virtual reality headset. *Artificial Life and Robotics*, 24, 1–7. <https://doi.org/10.1007/s10015-019-00536-y>
- Yee N (2006) Motivations for play in online games. *Cyber Psychol Behav* 6(9):772–775
- Yerkes, R., & Dodson, J. (1908). The relation of strenght of stimulus to rapidity of habit formation. *J. Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459–432.<http://doi.wiley.com/10.1002/cne.920180503>

- Yin, R., Lim, Y.W. , & Tan, C. S. (2021). Construction Project Management Based on Building Information Modeling (BIM). *Civil Engineering and Architecture*, 9(6), 2055 - 2061. <https://doi.org/10.13189/cea.2021.090633>.
- Young, K. L., Salmon, P. M., & Cornelissen, M. (2013). Missing links? The effects of distraction on driver situation awareness. *Safety Science*, 56, 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2012.11.004>
- Young, S.D., Adelstein, B.D., & Ellis, S.R. (2003). Demand Characteristics of a questionnaire used to assess motion sickness in a virtual environment. *IEEE Virtual Reality Conference (VR'06)*, Virginia, USA, 97-102.
- Young, S. L., & Wogalter, M. S. (1990). Comprehension and memory of instruction manual warnings: Conspicuous print and pictorial icons. *Human Factors*, 32(6), 637-649
- Yuan, H., Wang, R., Zhang, X., Hu, Y., Zhang, F., Zhu, T., & Liu, H. (2019). Evacuation strategy optimization study based on system theory. *IEEE Access*, 7, 111232-111244. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2934473>
- Zaker, R. & Coloma, E. (2018) Virtual reality-integrated workflow in BIM-enabled projects collaboration and design review: a case study. *Vis. in Eng.* 6, 4. <https://doi.org/10.1186/s40327-018-0065-6>
- Zhang ,S., Hua, X., Huang, G., Shi, X. & Li D.(2022) What influences miners' safety risk perception? *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(7):3817. <https://doi.org/10.3390/ijerph19073817>
- Zhou, Z., Goh, Y. M., & Li, Q. (2015). Overview and analysis of safety management studies in the construction industry. *Safety Science*, 72, 337–350. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.10.006>
- Zielinska, O. A., Mayhorn, C. B., & Wogalter, M. S. (2017). Connoted hazard and perceived importance of fluorescent, neon, and standard safety colors. *Applied Ergonomics*, 65, 326–334. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.07.011>
- Zorilla-Pantaleón, M.E., García-Saiz, D., & De La Vega, A. (2021). Fostering study time outside class using gamification strategies: an experimental study at tertiary-level databasa courses. *Computer Application in Engineering Education*, 29 (5), 1340–1357. <https://doi.org/10.1002/cae.22389>

## Apéndice 1: Estudio Cualitativo

### Pre-test

#### Pré- Test

0 %

Bitte wählen Sie eine Sprache aus. / Veuillez s'il vous plaît choisir une langue. / Please choose a language. / Selezionare una lingua. / Lütfen bir dil seçin. / Por favor, seleccione un idioma. / Por favor escolha um idioma. / Kies een taal. / Välj ett språk. / Vennligst velg et språk. / Vælg sprog. / Valitse kieli. / الرجاء اختيار لغتك.

- Español
- English

**ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN - Programa de Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales. Universitat Politècnica de València.**



La presente encuesta se enmarca en el proyecto de investigación titulado: "Enfoque neuroeducativo en la integración de tecnologías de Realidad Virtual en el desarrollo de juegos serios: caso de estudio en el ámbito de la Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales." desarrollada por Janaina Ferreira Cavalcanti, codirigida por el Dr. Manuel Contero González de la Universitat Politècnica de València y Dr. David Fonseca, de La Salle - Universitat Ramon Llull. Parte de la investigación fue financiada por el Programa EBW+.

El objetivo de la presente encuesta es obtener datos directos de estudiantes, técnicos o profesionales ligados a áreas de ingeniería, arquitectura y salud medioambiental y de seguridad para trabajar en la evaluación del uso de mejoras tecnológicas en la señalética y educación de prevención de riesgos laborales.

Todos los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte de un fichero de datos del que será responsable el investigador principal. Asimismo, se tratarán con fines académicos y se guardarán con absoluta confidencialidad, anonimizando todos los resultados para preservar de forma segura los datos obtenidos

DECLARO que he sido suficientemente informado/a por D<sup>a</sup> Janaina Ferreira Cavalcanti sobre:

-Los objetivos del proyecto de investigación titulado: " Un enfoque neuroeducativo en la integración de tecnologías de Realidad Virtual en el desarrollo de juegos serios: caso de estudio en el ámbito de la Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales." que se realiza en Barcelona y Valencia, así como de la tecnología y metodología a utilizar en el mismo.

-Las tareas a realizar por el Participante y condiciones de éstas.

-El uso que se le va a dar a la información obtenida mediante la colaboración de la persona participante.

-El tratamiento y custodia de los datos obtenidos con respeto a la intimidad de la persona participante, de forma anónima y confidencial y acorde a la vigente normativa de protección de datos. En concreto, conforme al Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos.

-Los derechos de acceso, rectificación, supresión, limitación oposición y portabilidad que podré ejercitar mediante solicitud ante el/la investigador/a responsable en la dirección de contacto que figura en este documento, sin que ello afecte a la licitud del tratamiento basado en el consentimiento previo a su retirada.

-No se obtendrán datos personales en el estudio ya que incluso la aceptación se anonimiza inicialmente, y todos los datos obtenidos de las interacciones y respuestas, que podrán ser empleados en otros estudios de la Universitat Politècnica de València de ámbito científico y/o académico. La gestión de los datos siempre será anónima y estos datos no podrán ser cedidos a otro organismo sin mi consentimiento expreso y no lo otorgo en este acto.

-El derecho a presentar una reclamación sobre el uso de estos datos ante una autoridad de control.

Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento del Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) de ámbito europeo. Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del estudio. Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto de investigación o de sus resultados.

DOY MI CONSENTIMIENTO A :

a) Participar en el proyecto de investigación citado.

b) Que los investigadores, puedan gestionar mis registros y datos suministrados, todos ellos anonimizados y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad y mi intimidad, con las garantías establecidas en cumplimiento del Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) de ámbito europeo.

c) Que el equipo de investigación conserve todos los registros efectuados sobre mi persona, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para la que los datos fueron recabados.

**Por todo ello, DOY MI CONSENTIMIENTO (y para que dicho consentimiento sea anónimo, introduzco los dos datos siguientes que anonimizan mi registro, pero a la vez podrían permitir borrarlos del estudio en caso de su solicitud) \***

Introducir los 4 primeros dígitos del DNI/NIE o Pasaporte, seguidos de tu día y mes nacimiento en formato: XXXXDDMM.

## Página 2

La siguiente encuesta está compuesta por 45 preguntas sobre su experiencia con señalética de advertencia, accidentes laborales, comportamiento y uso de tecnologías y juegos virtuales



Perfil Etnografico

**Género**

- Femenino
- Masculino
- No especificar

**Franja de edad:**

- Menor de 18 años
- 18 - 30 años
- 31 - 40 años
- 41 - 50 años
- 51 - 65 años
- Más de 66 años

**Daltonismo**

- sí
- no

**Marca tu mayor grado de estudio**

- Bachillerato o Formación Profesional de Grado Medio en Curso
- Bachillerato o Formación Profesional de Grado Completo
- Universitario o Grado Superior en Curso
- Universitario o Grado Superior Completo
- Máster (Segundo Ciclo)/ Doctorado (Tercero Ciclo)

**Rama de Conocimiento**

- Artes y Humanidades
- Ciencias
- Ciencias de la Salud
- Ciencias Sociales y Jurídicas
- Ingeniería y Arquitectura

**Si trabajas, ¿cuál puesto de trabajo ocupas?**

**¿Con que frecuencia me encuentro ejecutando mi tarea en “autopiloto”, sin preocuparme con eso?**

- Siempre
- Casi Siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**¿Con que frecuencia me despisto fácilmente por estímulos visuales?**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**¿Con que regularidad me recuerdo fácilmente de las instrucciones de trabajo?**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**¿Con que asiduidad tengo que leer otra vez o pedir para que si lo me repitan a una instrucción, pos no me recuerdo?**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**¿Con que frecuencia miro las señalizaciones?**

- Siempre miro atentamente los carteles
- Siempre miro los carteles
- Casi siempre miro los carteles
- As veces miro a los carteles
- Nunca miro los carteles

De los atributos abajo, elija y ordene el que considera mas importante (1) al menos importante (4)

⇅  Texto

⇅  Pictograma (imagen)

⇅  Color

⇅  Lay-out

¿Suelo seguir las normas y recomendaciones escritas?

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

¿Usted suele leer las instrucciones antes de montar un equipamiento?

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

¿Usted habla antes de pensar?

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

Cognición

¿Con que regularidad usted leer algo y siente necesidad de leer otra vez por no estar pensando en el que leer?

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**¿Usted suele olvidar el por que fue desde un sitio hasta el otro de la casa?**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**¿Con que frecuencia notas las señales/indicaciones en tuyo trayectos?**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**¿Confundes derecha y izquierda al dar instrucciones?**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**¿Usted olvida si ha apagado la luz, el fuego o cerrado la puerta?**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**¿Usted no es capaz de escuchar una persona mientras haces otra cosa?**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

¿Con que frecuencia olvidas que camino tomar en una carretera que conoces bien pero que rara veces usas?

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

¿Con que regularidad olvidas el que necesitas en un supermercado (aunque está ahí)?

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

¿Usted suele olvidar citas?

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

¿Usted suele sueñar despierto mientras debería estar escuchando algo o alguien?

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

¿Con que regularidad usted empieza de hacer algo en casa y si distrae haciendo otra cosa (involuntariamente)?

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

Muchas Gracias, ya casi estamos.  
A seguir algunas preguntas más acerca de Seguridad Laboral y Game Experience

**Safety Behaviour, Safety Experience and Game Experience**



Comportamiento de Seguridad

**Uso equipamiento de protección en el trabajo**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**Uso todo el equipamiento de protección para ejecutar mi trabajo (casco, gafas...)**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**No infrinjo las normas de seguridad en caso de urgencia**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**Soy consciente de posibles problemas de seguridad en mi trabajo**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**Cumplo las normas de seguridad y los patrones de procedimientos operacionales**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**Participo de la definición de los ajustes de seguridad en el trabajo**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**Participo de los encuentros de prevención de riesgos**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

**Realizo sugerencias de prevención de riesgos**

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

Experiencia en accidentes de trabajo

**He sufrido algún accidente laboral**

- sí
- no

**He sufrido algún accidente no laboral**

- sí
- no

**He presenciado algún accidente laboral**

- sí
- no

**Conozco alguien que ha sufrido algún accidente de trabajo**

- sí
- no

**En caso afirmativo, cual su relación con la persona (parente, amigo, colega...)**

Videojuegos

**Soy aficionado a usar videojuegos**

- sí
- no

**Indica la frecuencia de juegos en los siguientes dispositivos/plataformas:**

	Fijo (Nintento / Wii, Kinect, XBOX)	Móvil (NintendoDS, Swithc, Smarthphone, Tablet)	Uso de controlador tipo mando/gamepad
A diario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Algún día a la semana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Algún día al mes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Uso de aplicaciones 3D**

	Modelado (CAD/CAM/BIM...)	Visualización (AR/VR/MR..., Navegación)	Plataformas de juego (Unity / Unreal / Serious games)
A diario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Algún día a la semana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Algún día al mes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ocasionalmente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Otras (especificar):**

**He utilizado o utilizo gafas de realidad virtual**

- sí
- no

**He utilizado gafas de realidad Virtual (Oculus Rift, HTC Vive, GearVr, Meta...)?**

- A diario
- Algún día a la semana
- Algún día al mes
- Ocasionalmente
- Nunca

**Muchas gracias por contestar.**

**Si quieres seguir informado sobre los avances del estudio, los resultados y futuros experimentos, por favor indícanos un mail de contacto:**

## Bipolar Laddering Assessment



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA

laSalle

Universitat Ramon Llull

BLA- Bipolar Laddering Assessment					
Positivo			Negativo		

## Post-test

Introducir los 4 primeros dígitos del DNI/NIE o Pasaporte, seguidos de tu día y mes nacimiento en formato: XXXXDDMM. \*

Cybersickness

Ahora vamos evaluar como te encuentras . Para tanto debes elegir el cuanto cada síntoma te afecta

### Molestia

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

### Fatiga

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

### Dolor de cabeza

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Fatiga Visual**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Dificultades en enfocar**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Aumento de salivación**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Transpiración**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Náusea**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Dificultad para concentrarse**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**"Vacío en la cabeza"**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Visión borrosa**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Mareo con el ojo abierto**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Mareo con los ojos cerrados**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Vértigo (i.e perda de orientación derecha izquierda)**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Consciencia del estomago ( leve malestar con un poco de náusea)**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

**Eructar**

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

Ahora vamos evaluar los efectos de las señales

Memoria

**¿Qué carteles encontraste?**

**¿Qué cartel leíste?**

**Asignar los carteles que obedeciste**

Satisfacción

¿Cuál señalética le resulto más interesante?

¿Cuál color de LED te parece mas agradable?

¿Cuál color de LED deja la información mas clara?

Valora las siguientes cuestiones teniendo en mente los carteles estáticos :

	Óptimo	Muy bueno	Moderado	Malo	Muy Malo
Agradable	<input type="radio"/>				
Clareza	<input type="radio"/>				
Complejidad	<input type="radio"/>				
Frustración	<input type="radio"/>				
<input type="text"/>	<input type="radio"/>				

Valora las siguientes cuestiones teniendo en mente los carteles dinámicos :

	Óptimo	Muy Bueno	Moderado	Malo	Muy Malo
Agradable	<input type="radio"/>				
Clareza	<input type="radio"/>				
Complejidad	<input type="radio"/>				
Frustración	<input type="radio"/>				
<input type="text"/>	<input type="radio"/>				

**Valora las siguientes cuestiones teniendo en mente los carteles smarts :**

	Óptimo	Muy Bueno	Moderado	Malo	Muy Malo
Agradable	<input type="radio"/>				
Clareza	<input type="radio"/>				
Complejidad	<input type="radio"/>				
Frustración	<input type="radio"/>				
<input type="text"/>	<input type="radio"/>				

**¿Usaste extintores para apagar el fuego? (en el entorno virtual)**

- sí  
 no

**¿Qué extintores usaste?**

**¿Recuerdas para qué tipo de fuego se usa el extintor negro y el amarillo?**

Ha completado la encuesta. Muchas gracias por su participación.

Puede cerrar la ventana ahora.

### Pre-test

# ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN: Nuevas tecnologías para prevención de riesgos laborales

La presente encuesta se enmarca dentro del proyecto de investigación titulado: "Enfoque neuroeducativo en la integración de tecnologías de Realidad Virtual en el desarrollo de juegos serios" desarrollada por Janaina Ferreira Cavalcanti, codirigida por el Dr. Manuel Roberto Contero González de la Universitat Politècnica de València y Dr. David Fonseca, de La Salle - Universitat Ramon Llull. Parte de la investigación fue financiada por el Programa EBW+.

El objetivo de la presente encuesta es obtener datos directos de estudiantes, técnicos o profesionales ligados a áreas de ingeniería, arquitectura y environmental health and safety workers para trabajar en la evaluación del uso de incrementos tecnológicos en la señalética y educación de prevención de riesgos laborales.

Todos los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación, pasarán a formar parte de un fichero de datos del que será responsable el investigador principal. Así mismo, se tratarán con fines académicos y se guardarán en absoluta confidencialidad, anonimizando todos los resultados para preservar de forma segura los datos obtenidos

---

This survey is part of the research framework for the doctoral thesis entitled: "Neuroeducation in the integration of Virtual Reality technologies in the development of serious games: a case study in the field of Occupational Safety and Risk Prevention" by Janaina Ferreira Cavalcanti, co-directed by Dr. Manuel Roberto Contero González from the Polytechnic University of Valencia and Dr. David Fonseca, from La Salle - Ramon Llull University. Part of the research was funded by the EBW + Program.

The objective of this survey is to obtain direct data from students, technicians or professionals linked to areas of engineering, architecture and workers in occupational safety to work on the evaluation of the use of technological increases in signage and education on the prevention of occupational hazards.

All the data obtained from participation will not be used for any other purpose other than that stated in this research. They will become part of a data file for which the main researcher will be responsible. Likewise, they will be treated for academic purposes and will be kept in absolute confidentiality, anonymous all the results to safely preserve the data obtained.

ENCUESTA DE INVESTIGACIÓN: Nuevas tecnologías para prevención de riesgos laborales

DECLARO que he recibido información sobre la encuesta de investigación para la que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclarada las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento del Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) de ámbito europeo. Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del estudio. Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto de investigación o de sus resultados. -----

-----I DECLARE that I have received information about the research survey for which my participation is requested. I have understood its meaning, my doubts have been clarified and the actions derived from it has been exposed to me. Likewise, I have been informed of all aspects related to confidentiality and data protection in terms of the management of personal data that the project entails and the guarantees taken in compliance with the European General Data Protection Regulation (RGPD). My collaboration in the project is completely voluntary. I have the right to withdraw from it at any time, revoking this consent, without this withdrawal having a negative influence on me in any way. In case of withdrawal, I have the right to have my data removed from the study. Likewise, I renounce any economic, academic or other benefit that may derive from the research project or its results.

3. DOY MI CONSENTIMIENTO (y para que dicho consentimiento sea anónimo, introduzco los \* dos datos siguientes que anonimizan mi registro, pero a la vez podrían permitir borrarlos del estudio en caso de su solicitud) \*Introducir los 4 primeros dígitos del DNI/NIE o Pasaporte, seguidos de tu día y mes nacimiento en formato: XXXXDDMM.

---

La siguiente encuesta está compuesta por 28 preguntas sobre su experiencia con señalética de advertencia, accidentes laborales, comportamiento, perfil de jugador y uso de tecnologías y juegos virtuales

## Perfil Etnografico

### 4. Género

*Marcar apenas uma oval.*

- Femenino
- Masculino
- Prefiero no decirlo

### 5. Franja de edad:

*Marcar apenas uma oval.*

- Menor de 18 años
- 18 - 30 años
- 31 - 40 años
- 41 - 50 años
- 51 - 65 años
- Más de 66 años

### 6. Marca tu mayor grado de estudio:

*Marcar apenas uma oval.*

- Bachillerato o Formación Profesional de Grado Medio en Curso
- Bachillerato o Formación Profesional de Grado Completo
- Universitario o Grado Superior en Curso
- Universitario o Grado Superior Completo
- Máster (Segundo Ciclo)/ Doctorado (Tercero Ciclo)

### 7. Si trabajas, ¿cuál puesto de trabajo ocupas?

---

## Intención de Comportamiento y Conciencia Laboral

### 8. ¿Suelo seguir las normas y recomendaciones escritas?

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

9. ¿Usted suele leer las instrucciones antes de montar un equipamiento?

*Marcar apenas una oval.*

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

#### Cognición

10. ¿Con que regularidad usted lee algo y siente necesidad de leer otra vez por no estar pensando en el que leer?

*Marcar apenas una oval.*

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

11. ¿Usted suele olvidar el por que fue desde un sitio hasta el otro de la casa?

*Marcar apenas una oval.*

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

12. ¿Con que frecuencia notas las señales/indicaciones en tus trayectos?

*Marcar apenas una oval.*

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

13. ¿Confundes derecha y izquierda al dar instrucciones?

*Marcar apenas una oval.*

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

14. ¿Usted olvida si ha apagado la luz, el fuego o cerrado la puerta?

*Marcar apenas una oval.*

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

15. ¿Con que regularidad olvidas el que necesitas en un supermercado (aunque está ahí)?

*Marcar apenas una oval.*

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

16. ¿Con que regularidad usted empieza de hacer algo en casa y si distrae haciendo otra cosa (involuntariamente)?

*Marcar apenas una oval.*

- Siempre
- Casi siempre
- As veces
- Casi nunca
- Nunca

Muchas Gracias, ya casi estamos. A seguir algunas preguntas más acerca de Seguridad Laboral y Game Experience

## Experiencia en accidentes de trabajo

17. He sufrido algún accidente laboral

*Marcar apenas una oval.*

sí

no

18. He presenciado algún accidente laboral

*Marcar apenas una oval.*

sí

no

19. Conozco alguien que ha sufrido algún accidente de trabajo

*Marcar apenas una oval.*

sí

no

20. En caso afirmativo, cual su relación con la persona (parente, amigo, colega...)

---

## Videojuegos y Tecnologías

Indica la frecuencia de juegos en los siguientes dispositivos/plataformas:

21. Fijo(Nintendo / Wii, Kinect, XBOX)

*Marcar apenas una oval.*

A diario

Algún día a la semana

Algún día al mes

Nunca

22. Móvil(NintendoDS, Swithc, Smarthphone, Tablet)

*Marcar apenas uma oval.*

- A diario
- Algún día a la semana
- Algún día al mes
- Nunca

23. Uso de controlador tipo mando/gamepad

*Marcar apenas uma oval.*

- A diario
- Algún día a la semana
- Algún día al mes
- Nunca

Uso de aplicaciones 3D

24. Modelado (CAD/CAM/BIM...)

*Marcar apenas uma oval.*

- A diario
- Algún día a la semana
- Algún día al mes
- Nunca

25. Visualización (AR/VR/MR..., Navegación)

*Marcar apenas una oval.*

- A diario
- Algún día a la semana
- Algún día al mes
- Nunca

26. Plataformas de juego (Unity / Unreal / Serious games)

*Marcar apenas una oval.*

- A diario
- Algún día a la semana
- Algún día al mes
- Nunca

27. Otras (especificar):

---

28. ¿He utilizado gafas de realidad Virtual (Oculus Rift, HTC Vive, GearVr, Meta...)?

*Marcar apenas una oval.*

- A diario
- Algún día a la semana
- Algún día al mes
- Nunca

29. A seguir asignala la frase que mejor te define:

*Marcar apenas una oval.*

- "¡Quiero derrotar a todos!"
- "¡Más insignas para mí!"
- "Estoy aquí para hacer amigos"
- "Aquí, viendo que pasá..."

30. ¿Cual de las opciones abajo te motiva más?

*Marcar apenas una oval.*

- Expresar
- Competir
- Explorar
- Colaborar

31. En un juego el que más deseas:

*Marcar apenas una oval.*

- Mejorar
- Actuar con otros jugadores
- Ayudar los demás jugadores
- Experimentar
- Provocar cambios, sorpresas en el partido
- Ser vencedor

32. Muchas gracias por contestar. Si quieres seguir informado sobre los avances del estudio, los resultados y futuros experimentos, por favor indícanos un mail de contacto:

---

## Post-test

1. Introducir los 4 primeros dígitos del DNI/NIE o Pasaporte, seguidos de tu día y mes nacimiento en formato:XXXXDDMM. \*

---

Cybersickness

Ahora vamos evaluar como te encuentras . Para tanto debes elegir el cuanto cada síntoma te afecta

2. Molestia

*Marcar apenas una oval.*

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

3. Fatiga

*Marcar apenas una oval.*

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

4. Dolor de cabeza

*Marcar apenas una oval.*

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

5. Dificultades en enfocar

*Marcar apenas una oval.*

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

6. Transpiración

*Marcar apenas una oval.*

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

7. Náusea

*Marcar apenas una oval.*

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

8. "Vacío en la cabeza"

*Marcar apenas una oval.*

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

9. Visión borrosa

*Marcar apenas una oval.*

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

10. Mareo

*Marcar apenas una oval.*

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

11. Consciencia del estomago ( leve malestar con un poco de náusea)

*Marcar apenas uma oval.*

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

12. Eructar

*Marcar apenas uma oval.*

- Nada
- Levemente
- Moderado
- Severo

13. ¿Qué carteles encontraste?

---

---

---

---

---

14. Asignar los carteles que obedeciste

---

---

---

---

---

15. ¿Cuál señalética le resulto más interesante?

---

16. ¿Recuerdas los riesgos que encontraste en el entorno?

---

---

---

---

---

17. ¿Que te parecía mejor en la experiencia?

---

---

18. Comentarios adicionales

---

---

---

---

---

Muchas Gracias por su participación. Has completado la encuesta.

## Estadísticas

T-test Welch Cuantitativos

Percepción:

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances Perception

	Estática	Dinámica
<i>Mediana</i>	12,3	22
Media	2,78	5,22
Variancia	1,82	0,48
Observación	3,00	3,00
Diferencia media hipotética	0,00	
df	3,00	
t Stat	-2,79	
P(T<=t) one-tail	0,03	
t Critical one-tail	2,35	
P(T<=t) two-tail	0,07	
t Critical two-tail	3,18	

Comprensión y Recuerdo

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances Perception

	Estática	Dinámica
<i>Mediana</i>	9,33	12,3
Media	1,67	2,11
Variancia	1,44	0,93
Observatcción	3	3
Diferencia media hipotética	0	
df	4	
t Stat	-0,50	
P(T<=t) one-tail	0,32	
t Critical one-tail	2,13	
P(T<=t) two-tail	0,64	
t Critical two-tail	2,78	

## Apéndice 3: Infografía de la Metodología

### METODOLOGIA

