



Centres universitaris adscrits a la



Grado en Diseño i Producción de Videojuegos

**Creación de un *serious game* en realidad virtual para la formación en
prevención de riesgos laborales de trabajadores de la construcción**

Memoria

Álvaro Vidal García

Tutores: Dr. Adso Fernández, Dr. Javier Mora, María Bopp.

Curso 2021 - 2022



Abstract

This project aims to develop a serious game video game for the training of newly incorporated workers in the construction sector. That is why it is essential to carry out a study on training in occupational risk prevention, followed by an analysis of the accident rate in the sector in Spain, in order to create a theoretical framework that serves as support for designing a realistic experience. This proposal, implemented in Unreal Engine, will allow modernizing training through the use of technologies such as virtual reality, thus acquiring a more attractive perspective compared to traditional training.

Resume

Este proyecto tiene como fin el desarrollo de un videojuego *serious game* para la formación de trabajadores recién incorporados en el sector de la construcción. Para ello es fundamental realizar un estudio sobre la formación en materia de prevención de riesgos laborales, seguido de un análisis de la accidentabilidad del sector en España, para así crear un marco teórico que sirva como apoyo para diseñar una experiencia realista. Esta propuesta implementada en Unreal Engine permitirá modernizar la formación, mediante el uso de tecnologías como la realidad virtual, adquiriendo así una perspectiva más atractiva respecto a las formaciones tradicionales.

Resum

Aquest projecte té com a fi el desenvolupament d'un videojoc *serious game* per a la formació de treballadors recent incorporats al sector de la construcció. Per això és fonamental fer un estudi sobre la formació en matèria de prevenció de riscos laborals, seguit d'un anàlisi de l'accidentabilitat del sector a Espanya, per així crear un marc teòric que serveixi com a suport per dissenyar una experiència realista. Aquesta proposta implementada a Unreal Engine permetrà modernitzar la formació, mitjançant l'ús de tecnologies com la realitat virtual, adquirint així una perspectiva més atractiva respecte a les formacions tradicionals.

Índice

1. Introducción	1
2. Objetivos.....	4
2.1 Objetivos principales	4
2.2 Objetivos secundarios	4
3. Referentes	5
3.1 Videojuegos sobre construcción	6
3.1.1 <i>Construction Simulator 2015</i>	6
3.2 Serious games y realidad virtual	7
3.1.2 <i>Immersive virtual-reality computer-assembly serious game to enhance autonomous learning</i>	9
3.1.3 <i>SQLearn: Deck Level</i>	9
3.1.4 <i>Construction Playground</i>	11
3.1.5 <i>LudusGlobal: seguridad en la construcción</i>	12
3.3 Simuladores.....	14
4. Marco teórico	17
4.1 Prevención de riesgos laborales	18
4.1.1 <i>Legislación y formación</i>	18
4.1.2 <i>Accidentes y prevención</i>	23
4.1.3 <i>Normas básicas de seguridad y salud en la construcción</i>	37
4.2 Realidad virtual.....	39
4.2.1 <i>Continuo realidad y virtualidad</i>	39
4.2.2 <i>Hardware y software</i>	40
4.2.3 <i>Mecánicas comunes</i>	42
4.3 <i>Serious games</i>	44
4.3.1 <i>Gamificación y serious games</i>	44
4.3.2 <i>Taxonomía de serious games</i>	48

virtual para la formación en prevención de riesgos laborales de trabajadores de la construcción

4.3.3 Diseño de objetivos de aprendizaje serious games	49
5. Metodología y cronograma	51
5.1 Conceptualización	51
5.2 Diseño del juego	52
5.3 Implementación	53
5.4 Cronograma	55
6. Resultados	57
6.1 Conceptualización	57
5.2.1. Fase inicial	59
5.2.2 Fase intermedia	60
5.2.3 Fase final	63
6.2 Diseño de juego	64
6.2.2 Game proposal	65
6.3 Implementación	69
6.3.1 Fase inicial	69
6.3.2 Fase Intermedia	72
6.3.3 Fase final	74
6.3.4 Encuestas	83
7. Conclusiones	85
8. Referencias y bibliografía	88
9. Anexos	94
9.1 Propuestas iniciales	94
9.1.2 Trabajos en altura	95
9.2 Propuestas intermedias	96
9.2.1 Salvar al trabajador Ryan – Gincana mortal	96
9.2.2 La ruleta de los riesgos laborales	97
9.3 Propuestas finales	98
9.3.1 Game proposal Desayuna como puedas	98
9.3.2 Game proposal Salva la construcción	99

9.4 Tabla de riesgos laborales	99
9.5 Encuesta de validación.....	99

Índice de figuras

Figura 3.2. Usuario experimentando con realidad virtual. Fuente: Museo Thyssen-Bornemisza, 2018.....	7
Figura 3.3. Escena in-game de la experiencia. Fuente: David Checa, Ines Miguel-Alonso & Andres Bustillo, 2021.....	9
Figura 3.4. Cubierta de la experiencia de SQLearn. Fuente: SQLearn, 2019.	10
Figura 3.5. Sala de motores de la experiencia in-game de SQLearn. Fuente: SQLearn, 2019. ...	11
Figura 3.6. Imágenes de Construction Playground. Fuente: Steam, 2020.	12
Figura 3.7. Imagen del nivel en de seguridad en la construcción. Fuente: LudusGlobal, 2021. ...	13
Figura 3.8. Simulador de grúa de Serious Labs. Fuente: Serious Labs, 2020.	15
Figura 4.1. Diploma acreditativo ciclo formativo en protección de riesgos laborales. Fuente: GTN, 2011.....	21
Figura 4.2. Temario impartido en el curso de protección de riesgos laborales de GTN. Fuente: GTN, 2011.	22
Figura 4.3. Datos sobre accidentabilidad en el sector de la construcción. Fuente: Ministerio de trabajo y economía social, 2020-2021.	24
Figura 4.4. Datos sobre accidentabilidad en el sector de la construcción. Fuente: Ministerio de trabajo y economía social, 2020-2021.	25
Figura 4.5. Datos sobre accidentabilidad en el sector de la construcción. Fuente: Ministerio de trabajo y economía social, 2020-2021.	25
Figura 4.7. Índice de accidentabilidad en el sector de la construcción europeo. Fuente: Ministerio de trabajo y economía social y Eurostat, 2018.	36
Figura 4.8. Continuo realidad tiempo. Fuente: Paul Milgran y Fumio Kishino, 1994.	39
Figura 4.9. Visor y mandos de oculus rift. 2017.	41
Figura 4.10. Tipología de videojuegos serios. Fuente: Gonzalo frasca, 2022.....	47
Figura 4.11. Taxonomía de Sawyer y Smith. Fuente: Sawyer y Smith, 2008.....	48
Figura 6.1. Índices de incidencia de accidentes de trabajo de los trabajadores asalariados/as por edad y sexo. Fuente: INSST a partir de los datos del Anuario de Estadísticas del Ministerio de Trabajo y Economía Social, 2019.	58
Figura 6.2. Primera modificaciones e implementaciones en escena. Fuente: Elaboración propia, 2022.....	70

virtual para la formación en prevención de riesgos laborales de trabajadores de la construcción

Figura 6.3. Mecánica por la cual el jugador podía agarrar cualquier objeto en escena. Fuente: Elaboración propia, 2022.....	70
Figura 6.4. Mecánica del sistema de construcción implementada en escena. Fuente: Elaboración propia, 2022.....	71
Figura 6.5. HUD implementado para el sistema de construcción. Fuente: Elaboración propia, 2022.....	72
Figura 6.6. Adaptación del package de inteligencia artificial siguiendo una ruta predefinida. Fuente: elaboración propia, 2022.....	73
Figura 6.7. Vista aérea del nivel principal seleccionado y adaptado. Fuente: Elaboración propia, 2022.....	74
Figura 6.8. Menús principales para el prototipo. Fuente: Elaboración propia, 2022.....	75
Figura 6.9. Zona introductoria y sobreesfuerzos. Fuente: Elaboración propia, 2022.	76
Figura 6.10. Implementación en el motor de juego de las zonas de peligro caídas sobre el mismo nivel y caída de objetos. Fuente: Elaboración propia, 2022.	76
Figura 6.11. Zona de riesgo de caída de objetos. Fuente: Elaboración propia, 2022.	77
Figura 6.12. Zona de riesgo de electrocución. Fuente: Elaboración propia, 2022.	77
Figura 6.13. Zona de trabajos en altura. Fuente: Elaboración propia, 2022.....	78
Figura 6.14. Zona final riesgo proyección de partículas. Fuente: Elaboración propia, 2022.	78
Figura 6.15. Zona final y cierre de arco narrativo. Fuente: Elaboración propia, 2022.....	79
Figura 6.16. NPC introductor Pedrito. Fuente: elaboración propia, 2022.	80
Figura 6.17. Diálogo inicial con Pedrito. Fuente: Elaboración propia, 2022.	81
Figura 6.18. Blueprint selector de texto y audio asociado. Fuente: Elaboración propia, 2022.	81
Figura 9.1. Imagen de los Simpsons que ejemplifica la experiencia. Fuente: Los Simpsons, 1999.	94
Figura 9.2. Trabajos en altura. Fuente: LudusGlobal.....	95
Figura 9.3. Salvar al trabajador Ryan. María Jesús Bopp y Felipe Muñoz. 2021	97

1. Introducción

Para introducir de manera adecuada la siguiente idea de trabajo podemos trasladarnos a una de las mayores obras de la ingeniería moderna del siglo XX. La construcción del Golden Gate, donde el ingeniero Joseph B. Strauss impuso las medidas de seguridad laboral de la época.

Bajo riesgo de despido fulminante los trabajadores tenían la obligatoriedad de utilizar elementos de protección individual (EPIs) tales como: cascos, líneas de seguridad, mascarillas, gafas antideslumbrantes. Además, con el fin de evitar caídas y accidentes se instalaron elementos de protección colectiva (EPCs) tales como redes de seguridad debajo del puente que salvaron la vida de 19 personas conocidas históricamente como el *Half Way to Hell Club*. Más tarde fallecieron 11 empleados debido a que las redes de seguridad si atraparon a los trabajadores accidentados, pero no lograron soportar el peso de un andamio que provocó que las redes cedieran, así ocasionando el mortal accidente. Con todo esto quedó constatada la importancia de la protección de los trabajadores mediante medidas de seguridad. (Richard Thomas Loomis, 1958).

Estas medidas de seguridad que ahora parecen del todo habituales se han implementado a lo largo de la historia a medida que los trabajadores adquirían derechos y fallecían en las construcciones.

Actualmente, en España las medidas de seguridad vienen regladas por la ley 31/1995, del 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales cuya adopción es de obligado cumplimiento para todas las empresas (BOE, 1996). Pese a tener un reglamento “moderno” y unas normas claras, la accidentabilidad laboral en España se presenta con una de las más elevadas de Europa, con un índice de 3.080 puntos, solo superados por Francia (3.106) y Suiza (3.170) (Ministerio de Trabajo y Economía Social y Eurostat, 2020). Haciendo una media más entendedora, cada día se producen en España casi 2 accidentes mortales laborales. Y lo que es peor, esta tendencia es estable, por lo que urge un análisis de cómo mejorar esta tendencia tan alarmante que principalmente se ceba con los trabajadores más jóvenes. (Ministerio de empleo y seguridad social, 2010, p. 27-34).

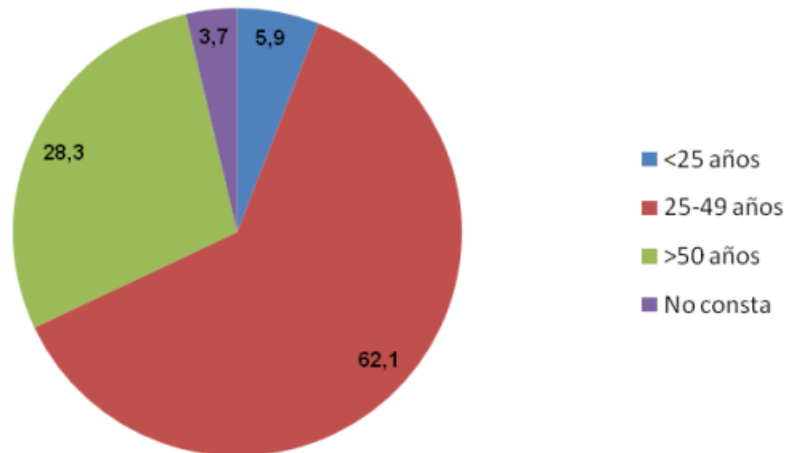


Figura 1.1. Estadísticas de accidentes mortales por franjas de edad. Fuente: Ministerio de empleo y seguridad social, 2010.

Por lo que teniendo en cuenta estos datos que precisamente afectan a trabajadores de menos de 49 años urge una propuesta novedosa, que incida en la formación de los trabajadores sobre la prevención de riesgos laborales. Además, aprovechando de la familiarización de estas franjas de edades con las nuevas tecnologías, estas propuestas centradas en la realidad virtual y los videojuegos formativos adquieren una mayor proyección e interés que las formaciones tradicionales.

En las siguientes paginas se expondrán las líneas principales de actuación, en las que incidir para realizar una propuesta diferenciadora dentro del marco de la formación de trabajadores profesionales, que adquiriera una nueva perspectiva y que de forma digital simule un entorno de trabajo que capacite a los obreros de una práctica previa al primer día de trabajo.

Primeramente, será fundamental adquirir un marco teórico donde se exponga la situación actual sobre la formación de los trabajadores de la construcción, y cuál es el temario y procedimientos que se llevan a cabo hoy día. Además, esto deberá estar acompañado sobre datos actuales sobre la accidentabilidad en el sector para poder proyectar una idea de juego acorde con la realidad.

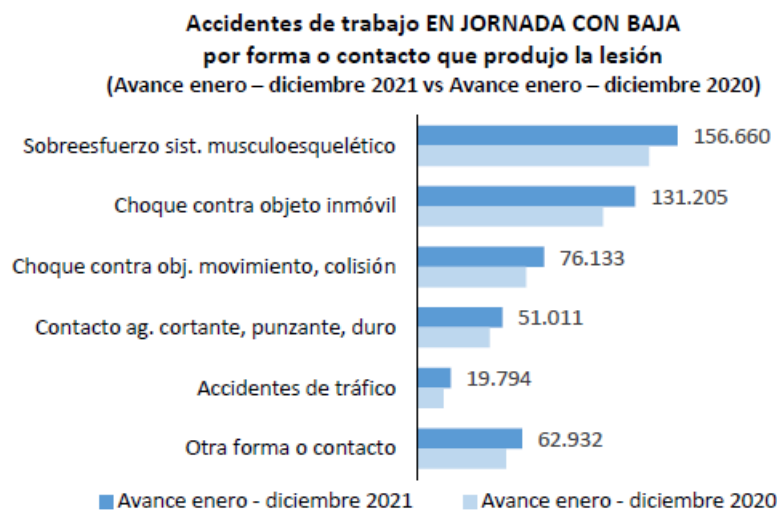


Figura 1.2. Datos estadísticos comparativos sobre los accidentes más comunes en la construcción. Fuente: Ministerio de trabajo y economía social, 2021.

Para ello será fundamental hacer uso de los datos estadísticos aportados por reglamentos públicos como por ejemplo el ministerio de trabajo y economía social, de donde se extraerán gran parte de las conclusiones sobre en qué tipo de accidentes y prevención de riesgos laborales será necesario que el videojuego incida.

Seguidamente y partiendo de la base de la creación de un prototipo en realidad virtual que simule los principales aspectos anteriormente nombrados, este deberá regirse sobre los aspectos y referentes del sector, sin olvidar las premisas básicas de este tipo de género, que puede definirse como un videojuego serio.

Una vez establecidas las bases teóricas del proyecto se procederá con la conceptualización mediante lluvia de ideas, toma de referentes y propuestas que derivaran en un *game proposal* que defina los aspectos principales de la experiencia, sirviendo como base para la creación de un prototipo llamado Salva la construcción.

2. Objetivos

El objetivo principal del proyecto será diseñar el prototipo de un videojuego en realidad virtual sobre las bases de diseño de un *serious game*, para dar solución a la inexperiencia de práctica “real” de los trabajadores recién incorporados en las construcciones.

2.1 Objetivos principales

- Implementar un prototipo para la formación de trabajadores de la construcción sobre los riesgos laborales.

2.2 Objetivos secundarios

- Estudiar y analizar la legislación y accidentabilidad en el sector de la construcción.
- Diseñar la experiencia definiendo los objetivos formativos del juego y añadir un marco narrativo.
- Prototipar la experiencia en Unreal Engine mediante sistemas de realidad virtual.
- Validar la usabilidad de la experiencia con usuarios y encuestas.

3. Referentes

Para diseñar la experiencia es de vital importancia tomar como referentes las principales propuestas dentro del sector. Estas se dividirán en 3 bloques, que enunciarán las principales características del videojuego.

La primera de ellas hará referencia a los videojuegos que encontramos dentro de la temática de construcciones. Estos serán de vital importancia ya que el objetivo principal será conseguir una formación lúdica, que entretenga al jugador a la vez que aprende sobre los principales riesgos de una construcción, además de cómo evitarlos y ponerles solución.

El segundo bloque referenciará a los videojuegos *serious games*, una vez más dentro de la temática de la construcción. Esto servirá para observar el contexto, objetivo y actividad pedagógica que se imparten en las diferentes propuestas. También, dentro de este bloque se tomarán como referencias las propuestas en realidad virtual, para observar cómo se aplica en la industria la creación de un videojuego en realidad virtual y como ejecutar las mecánicas de juego mediante la inmersión que proporciona esta tecnología.

Finalmente, en el último bloque se tomarán referencias sobre los simuladores dentro del sector de la construcción. Esto proporcionará una visión añadida sobre la implementación de mecánicas virtuales dentro del videojuego y la conexión realista mediante cabinas o máquinas simuladoras.

3.1 Videojuegos sobre construcción

Este bloque mostrará la principal propuesta dentro del sector de los videojuegos que servirá para tomar nota de cómo trasladar el día a día de una construcción en un videojuego, mediante mecánicas interesantes y divertidas.

3.1.1 *Construction Simulator 2015*

Construction Simulator 2015 es un videojuego que busca simular el entorno, trabajos e interacciones presentes en una construcción, poniendo al jugador en una gran variedad de situaciones que nos sirven como ejemplo para crear la experiencia. Además de esto *Construction Simulator 2015* sirve para tomar notas en cuanto al diseño de niveles, y gracias a su variada propuesta de situaciones (excavaciones, carga y descarga, montaje de estructuras, cimentación...) y entornos (ciudades, pueblos, edificios, descampados...) tenemos un gran número de situaciones y acciones para tomar nota.



Figura 3.1. Imagen in-game del videojuego Construction Simulator 2015. Fuente: Steam, 2015.

3.2 Serious games y realidad virtual

Debemos entender el género de los *serious games* como aquel que se diseña específicamente para aprender, aparte de aportar un entretenimiento lúdico. Este género casa perfectamente con la idea de videojuego a desarrollar en este proyecto, ya que, mediante las mecánicas, *gameplay* y jugabilidad el jugador aprenderá de forma explícita y se formará en el ámbito de los riesgos laborales de una forma práctica y realista.

El valor de aplicar la realidad virtual en videojuegos reside en la representación de la realidad de una forma casi real, pudiendo aplicar de esta forma casos de aprendizaje muy prácticos, alejados de las aburridas aulas formativas.

Los *serious games* también se aplican en museos, películas, eventos y ferias para que de una forma interactiva el usuario adquiera una experiencia diferenciadora. Precisamente este es el caso de uno de los museos nacionales más importantes de España: el Thyssen-Bornemisza, en el que los visitantes pueden “meterse” dentro de los cuadros para ver y moverse por ellos.



Figura 3.2. Usuario experimentando con realidad virtual. Fuente: Museo Thyssen-Bornemisza, 2018.

Pero en este proyecto no solo se pretende representar la realidad de una forma realista, sino que también la interacción y el *feedback* que reciba el usuario (en forma de experiencia formativa) genere el suficiente impacto para convertirlo en una experiencia memorable que permanezca en el recuerdo del jugador. De esta forma el aprendizaje quedará latente en el usuario, que en el día a día aplicará las acciones que realizó en la experiencia.

Una vez expuesto el objetivo principal de los *serious games* podemos encontrar tantos casos como temáticas aplicables encontraríamos en los retos y vivencias diarias de las personas, pero en este concreto caso se hará referencia a aquellas que tengan un objetivo formativo, dentro y fuera del sector de la construcción.

3.1.2 Immersive virtual-reality computer-assembly serious game to enhance autonomous learning

El proyecto *Immersive virtual-reality computer-assembly serious game to enhance autonomous learning* (David Checa, Inés Miguel-Alonso & Andrés Bustillo, 2021), tiene como principal premisa aplicar los conceptos básicos de un *serious game* en realidad virtual para el montaje de ordenadores de sobremesa.

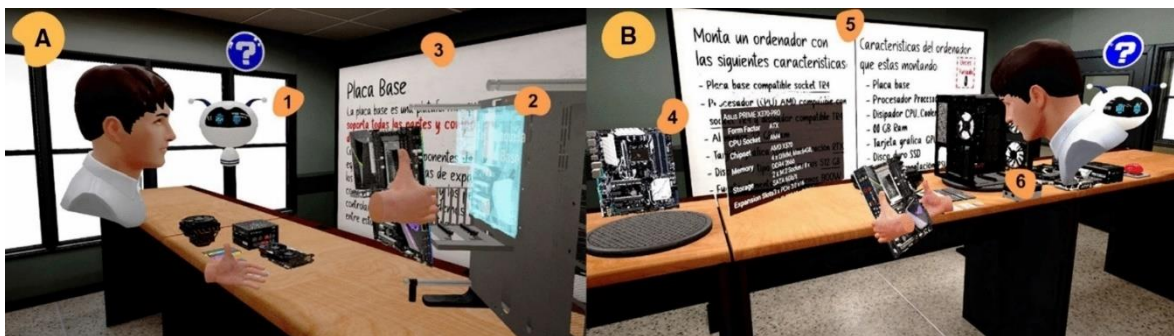


Figura 3.3. Escena in-game de la experiencia. Fuente: David Checa, Ines Miguel-Alonso & Andres Bustillo, 2021.

Mediante la ayuda de un robot interactivo, los consejos previos en el tutorial y las mecánicas de montaje el jugador aprenderá a como seleccionar y montar las piezas adecuadas en un ordenador de sobremesa, para así de forma implícita aprender sobre esto mientras vive la experiencia con unas gafas de realidad virtual.

Este *serious game* es relevante para ejemplificar como una tarea manual (el montaje de un ordenador de sobremesa) puede convertirse en una experiencia jugable, que enseñe unos conocimientos al usuario.

3.1.3. SQLearn: Deck Level

Otro ejemplo proviene de la empresa SQLearn que utiliza los sistemas de realidad virtual para crear un *serious game* en la cubierta de un barco mercante. En esta experiencia se recrea con exactitud un barco para aplicar los conceptos formativos mediante unas gafas de realidad virtual.

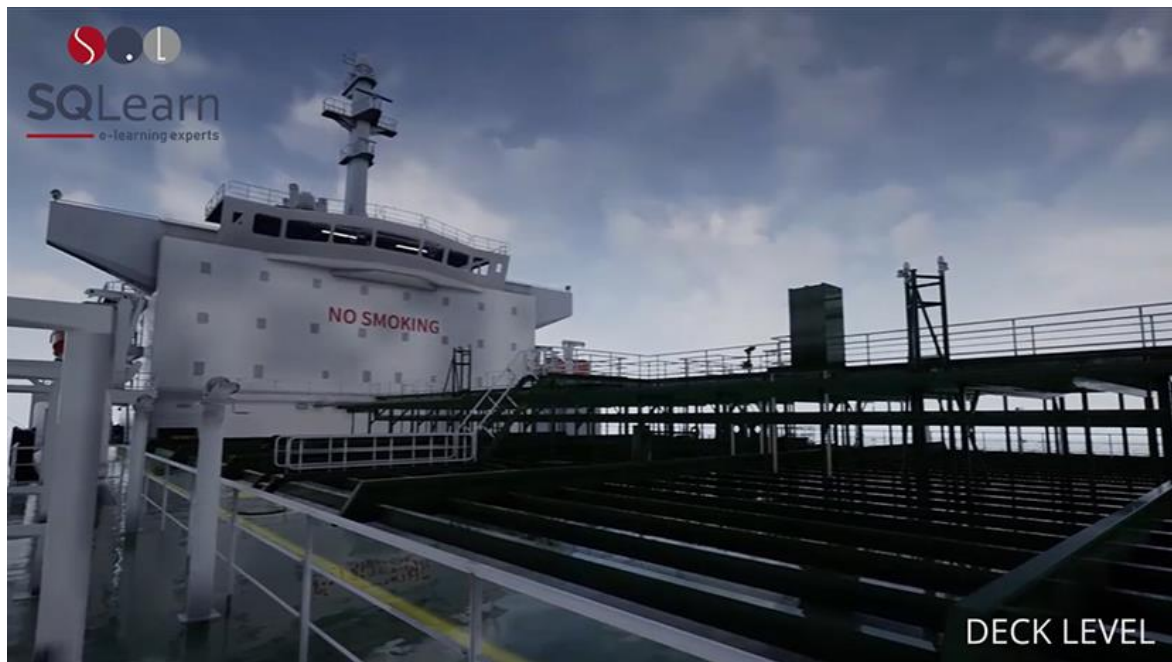


Figura 3.4. Cubierta de la experiencia de SQLearn. Fuente: SQLearn, 2019.

El barco está dividido por diversos niveles en los que en cada uno de ellos se aplicará una experiencia formativa:

- Cubierta.
 - Demostraciones sobre operaciones de amarre y en cubierta.
- Sala de máquinas.
 - Mantenimiento de sistemas.
- Cabina.
 - Control de cabina y mandos.
- Tanque de lastre.
 - Tareas de mantenimiento y zonas de peligro.

Por lo que al finalizar la experiencia el jugador será capaz de vivir de una forma realista el día a día de las tareas de un marinero y adquirir conocimientos prácticos la vez que recibe una formación entretenida.

Primeramente, se secundan los objetivos formativos divididos en las diferentes zonas de un barco, por lo que el jugador tendrá un objetivo claro y conciso en todo momento. Seguidamente mediante el uso de mecánicas básicas de interacción, agarre y visualización el jugador realizará las dinámicas formativas.

De este modo SQLearn sirve para tomar referencia de cómo *gamificar* las acciones rutinarias de un trabajador en un barco mercante, haciendo la experiencia formativa algo más dinámica, divertida e interesante.



Figura 3.5. Sala de motores de la experiencia in-game de SQLearn. Fuente: SQLearn, 2019.

3.1.4 *Construction Playground*

Finalmente, para tomar referencias en cuanto a las principales dinámicas que podrían incluirse en una experiencia en realidad virtual dentro de una construcción tomamos como referente *Construction Playground*, un videojuego en realidad virtual en la que el jugador podrá recrear las principales acciones que se realizan en una construcción.



Figura 3.6. Imágenes de Construction Playground. Fuente: Steam, 2020.

El conjunto de acciones que se pueden llevar a cabo en *Construction Playground* son los siguientes:

- Creación de estructuras mediante ladrillos y cemento.
- Control de vehículos, maquinaria y herramientas.
- Control de la grúa principal.
- Desplazamiento por el entorno.

Partiendo de las principales dinámicas, descritas anteriormente *Construction Playground* sirve como referente para comprender las principales acciones que pueden aplicarse a un videojuego dentro de una construcción.

3.1.5 LudusGlobal: seguridad en la construcción

LudusGlobal es una empresa que diseña múltiples escenarios para formar a trabajadores de diferentes gremios en sistemas de protección y prevención de riesgos laborales. De entre sus diseños, el que se tomará como principal referente es el de la seguridad en una construcción.



Figura 3.7. Imagen del nivel en de seguridad en la construcción. Fuente: LudusGlobal, 2021.

La principal premisa de esta experiencia es la libertad del jugador para que paseando por una construcción detecte los principales riesgos y los corrija. Estos son:

- Caída de objetos.
- Lesiones por herramientas.
- Atropellamientos.
- Caídas a distinto y mismo nivel.

Gracias a este referente podemos ver como una empresa especializada aplica la idea de formar a trabajadores de la construcción mediante una experiencia en realidad virtual.

Cabe destacar que en este concreto caso es importante hacer un ejercicio de análisis entre las diferencias de este proyecto y la propuesta de *LudusGlobal* que puede dividirse en los siguientes 3 bloques:

- Libertad.

En el caso de la experiencia de *LudusGlobal* el jugador es libre de moverse libremente por toda la construcción, sin una guía u objetivo fijado, más que el de detectar los problemas que va observando. Esto puede generar confusión al jugador y puede provocar que se pierda.

- Accidentes y formación.

Mediante el análisis que se realizará seguidamente en el marco teórico algunos de los accidentes más habituales dentro de una construcción no están presentes en la experiencia, pudiendo provocar que un usuario que la finalice, no se forme en alguno de los accidentes laborales más habituales.

- *Serious game*.

En el caso de *LudusGlobal* la experiencia formativa que presenta carece de sistemas de gamificación, provocando que una vez traspasado la novedad de vivir una experiencia en realidad virtual los objetivos del juego en si mismo no sean lo suficiente entretenidos como para que sea una experiencia remarcable. Esto se consigue mediante la gamificación de la experiencia, incluyendo misiones, recompensas, hilo narrativo y unos objetivos claros que el jugador pueda realizar.

3.3 Simuladores

Pero existen otras empresas que van un paso más allá y buscan atravesar el concepto diferenciador entre lo real y lo virtual mediante simuladores.

La RAE define un simulador como (Real academia española: *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed. 2022): “aparato que reproduce el comportamiento de un sistema en determinadas condiciones, aplicado generalmente para el entrenamiento de quienes deben manejar dicho sistema”.

Este es el caso de la empresa *Serious Labs* que mediante un sistema de realidad virtual simula el entorno de una construcción y añade una cabina real para que

el jugador utilice los mandos del control de una grúa. De esta forma se fusiona la interacción con unos mandos realistas y la traslación de estos, en el sistema virtual.



Figura 3.8. Simulador de grúa de Serious Labs. Fuente: Serious Labs, 2020.

Este simulador recrea con exactitud los mandos de control de una grúa, a la vez que mediante las gafas de realidad virtual representa el entorno de una construcción. De esta forma logran crear un vínculo creíble entre la experiencia real (los mandos de control de la grúa) y el entorno virtual (las gafas de realidad virtual).

4. Marco teórico

Para elaborar un marco teórico que abarque todos los temas importantes para este proyecto se dividirá en los siguientes bloques:

Primeramente, el bloque de prevención de riesgos laborales, donde desde una aproximación legal y jurídica conoceremos la normativa vigente en España, haciendo uso de los principales estamentos legales del país, tales como el Boletín oficial del estado. También se conocerán los bloques formativos impartidos y los temarios aplicados, para poder trasladarlos de una forma práctica dentro de la experiencia. Esta abarcará la gran mayoría de temas impartidos

En segundo lugar, se estudiará la accidentabilidad en el sector, haciendo uso de datos estadísticos, se comparará la siniestralidad del sector en España respecto a otros países y los accidentes más comunes.

En tercer lugar, se tratará la importancia de los sistemas de realidad virtual, que serán la base por la cual se jugará a la experiencia, por lo que será fundamental repasar que *hardware* existe hoy en día y realizar un breve repaso de las características de este.

Tampoco podemos olvidar la necesidad de analizar el tipo de género de esta propuesta, los *serious games*. Se realizará un análisis de las características de este género, la taxonomía y la correcta implementación dentro del diseño de un videojuego.

Y en último lugar se hará un análisis de las principales normativas en materia de seguridad que aplican empresas subcontratistas, para así tener un marco práctico sobre qué normativa se aplica dentro de una construcción.

4.1 Prevención de riesgos laborales

Según la Administración del gobierno de España y el ministerio de Empresa y el ministerio de trabajo y economía social (2022), la prevención es “el conjunto de actividades o medidas adoptadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo” y un riesgo laboral aquel que “se entiende como riesgo laboral la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo”.

Para evitar precisamente estos accidentes y riesgos que deriven en daños para el trabajador el real decreto ley 31/1995 sentó las bases legales y jurídicas en cuanto a los derechos y prevención en riesgos laborales para los trabajadores, que a continuación se detallará en el primer bloque.

4.1.1 Legislación y formación

El vigente conjunto de normas y leyes que se establecen en España actualmente se rigen mediante los reales decretos. En este caso el real decreto ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales permitirá extraer un marco legal general que servirá para consolidar las bases de este proyecto.

Primeramente, destacar los artículos 6, 7, 8, 9, 10 y 13 del Boletín Oficial del Estado. (Boletín Oficial del estado, 1995, p. 11-15). De los cuales se extrae que las instituciones públicas, legislan, actúan, promueven, inspeccionan, recomiendan y asesoran para crear un marco legislativo general.

Este encargo legal deberá ser implantado por las empresas de forma obligatoria, generando un plan de seguridad (según las dimensiones de la construcción) y aplicando las medidas preventivas necesarias tal y como expone el artículo 14 del Boletín oficial del estado (Boletín Oficial del Estado, 1995).

- Artículo 14: Derecho a la protección frente a los riesgos laborales. (p.16)

Además del deber legal del empresario de aplicar el derecho a la protección frente a los riesgos laborales, este, deberá adoptar las medidas necesarias

para que los equipos de trabajo sean los adecuados y garanticen la seguridad de los trabajadores, tal y como dictamina el artículo número 17 del Boletín oficial del estado (Boletín oficial del estado, 1995).

- Artículo 17. Equipos de trabajo y medios de protección. (p.17)

El empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que los equipos de trabajo sean adecuados para el trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados a tal efecto, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizarlos. (p.18)

Además de esto se deberá garantizar la formación de los trabajadores proporcionándoles unos conocimientos teóricos y prácticos en materia preventiva, tal y como dicta el artículo 19 (Boletín oficial del estado, 1995).

- Artículo 19. Formación de los trabajadores.

El cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, tanto en el momento de su contratación, cualquiera que sea la modalidad o duración de ésta, como cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo. (p.19).

Partiendo de la base del real decreto ley 31/1995, posteriormente se han ido introduciendo modificaciones, actualizaciones y decretos que han ido ampliando el concepto de seguridad y prevención en la legislación española. Este es el caso de los siguientes decretos:

- Real decreto 1627/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.
- Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

- Real decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo número 24 del decreto ley 31/1995, de 8 de noviembre, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- Resolución de 21 de septiembre de 2017, de la Dirección General de Empleo, por la que se registra el Convenio colectivo general del sector de la construcción.

Además de todas estas leyes que definen las normativas generales de la cultura preventiva en el sector de la construcción es de vital importancia conocer cuál es la materia formativa que se imparte, mediante las entidades o empresas formadoras.

De forma más específica citaremos a Juantxo Revilla, Gerente del Cei, servicio de prevención. Donde expone diferentes dudas y aclaraciones sobre la normativa y formación que se aplica según el artículo número 19 de la ley de prevención de riesgos laborales. Juantxo Revilla afirma:

Esta formación según el convenio que afecta al sector de la construcción será, como mínimo, la equivalente al “Segundo ciclo de formación en prevención de riesgos laborales del sector de la construcción: formación por puesto de trabajo o por oficios” que tendrá una duración mínima de 20 horas y cuyo contenido lo fijan el propio convenio. Dicha formación podrá ser de 6 horas cuando concurren circunstancias tales como que ya se haya realizado algún módulo de 20 horas o que el trabajador haya cursado previamente la formación de nivel básico de prevención para el sector de la construcción. (p.1)

En resumidas cuentas, los bloques formativos se dividen según convenios de construcción, es decir que la formación que reciba un albañil, no será la misma que un cerrajero, un pintor u otros gremios dentro de la industria. Aunque la formación mínima de estos será de 20 horas. Concretamente 14 horas genéricas y 6 horas específicas según el oficio.

También cabe incidir en cual es la formación en materia de seguridad que reciben los obreros antes de entrar en una construcción. Para ello reflejaremos los temas

impartidos entidades homologadas en materia de formación, mediante un diploma de certificación de finalización de curso real.



Figura 4.1. Diploma acreditativo ciclo formativo en protección de riesgos laborales.

Fuente: GTN, 2011.

Destacar el certificado del segundo ciclo formativo de 20h sobre la protección de riesgos laborales en la albañilería, del año 2011. En este concreto caso el diploma se entrega para certificar la formación de trabajos de albañilería, existiendo tantos bloques formativos como oficios dentro de una construcción.

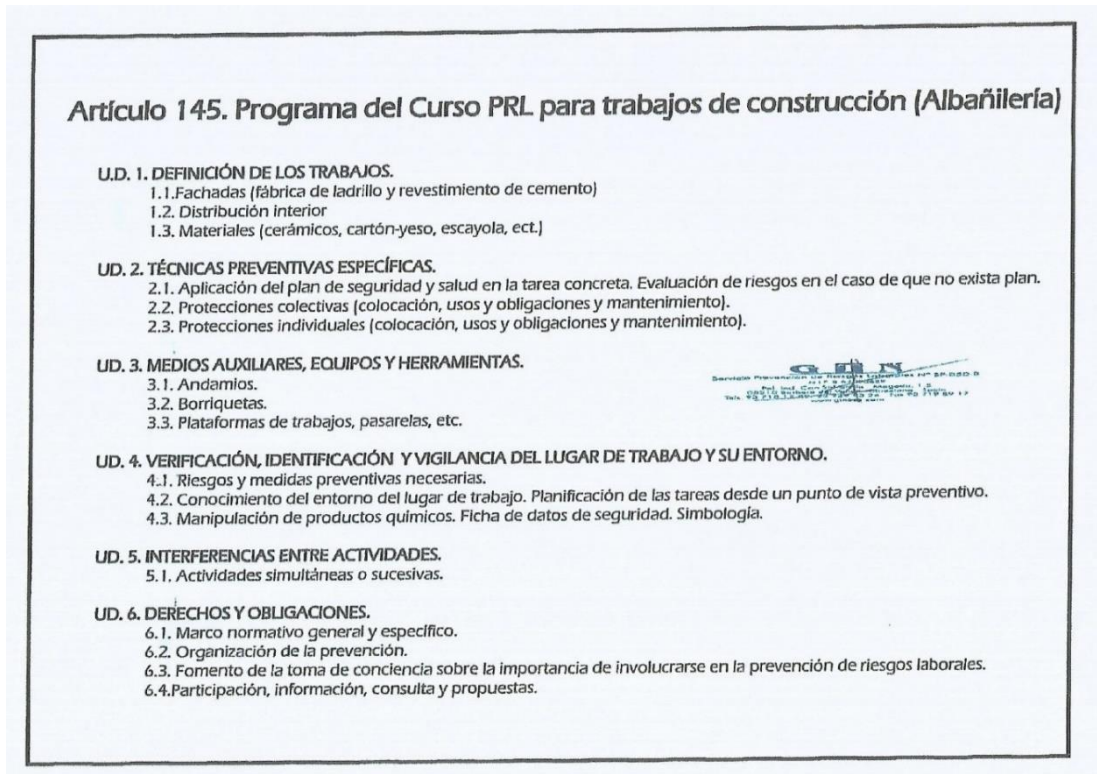


Figura 4.2. Temario impartido en el curso de protección de riesgos laborales de GTN.

Fuente: GTN, 2011.

Una vez visto lo anteriormente citado veremos con más profundidad que temario se imparte dentro de los diferentes bloques formativos. En el primer caso vemos como la materia se imparte en 6 bloques diferenciados que a continuación se expondrán:

- UD.1. Definición de los trabajos.

En este bloque formativo se imparte el temario relacionado con la protección de riesgos laborales aplicada directamente en el oficio del trabajador; en este caso el de albañil.

- UD.2. Técnicas preventivas específicas.

En el segundo bloque formativo se imparte el temario relacionado con técnicas preventivas aplicadas en el plan de seguridad, tales como EPCs (elementos de protección colectiva) y EPIs (elementos de protección individual).

- UD.3. Medios Auxiliares, equipos y herramientas.

En este bloque se dará a conocer las herramientas y equipos con los que el trabajador desarrollará su trabajo de forma habitual.

- UD.4. Verificación, identificación y vigilancia del lugar de trabajo y su entorno.

Conocimiento espacial y en materia preventiva del lugar de trabajo. Además del temario asociado a la manipulación de productos químicos, y simbología.

- UD.5. Interferencias entre actividades.

Conocer que actividades simultaneas o sucesivas desentrañará el trabajador.

- UD.6. Derechos y obligaciones.

Aplicación sobre el conocimiento del trabajador de las acciones normativas y fomento de las acciones en materias de prevención de riesgos laborales.

Dependiendo de la naturaleza de una construcción según su presupuesto, dimensiones o número de trabajadores, la constructora deberá generar un plan de seguridad para definir todos los aspectos en materia de seguridad, normas preventivas, evacuaciones y procedimientos. Este plan puede ser subcontratado por otras empresas que lo generen, al igual que la formación de los trabajadores, tal y como se muestra anteriormente con GTN.

4.1.2 Accidentes y prevención

Una vez definido el marco legislativo y formativo del sector de la construcción se procederá a conocer los principales datos estadísticos del sector de la construcción, y como según diferentes organismos y empresas se previenen dichos accidentes.

Para conocer cuáles son los principales accidentes en la construcción tomaremos como referencia los datos del ministerio de trabajo y economía social durante los años 2020 y 2021. En estos datos se puede observar una tendencia preocupante.

Respecto al año 2021 los accidentes con baja aumentaron un 17,9% y los accidentes sin baja un 8,9%.

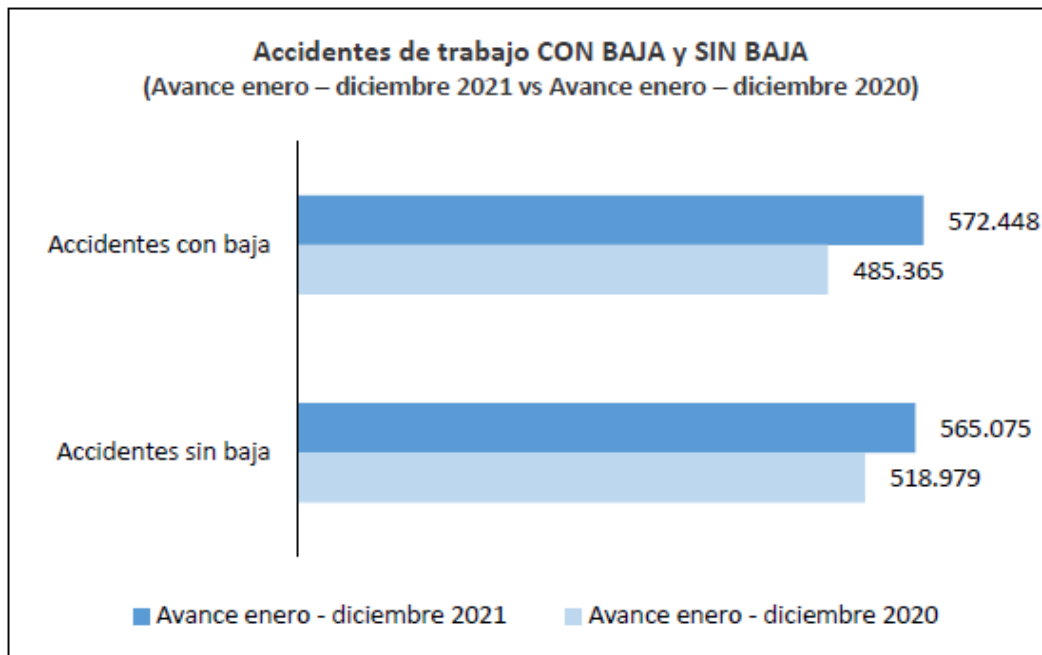


Figura 4.3. Datos sobre accidentabilidad en el sector de la construcción. Fuente: Ministerio de trabajo y economía social, 2020-2021.

Además de esto el sector de la construcción es el segundo sector con más accidentes de trabajo con baja, con un total de 78.264, y el primero en accidentes mortales con un total de 118.

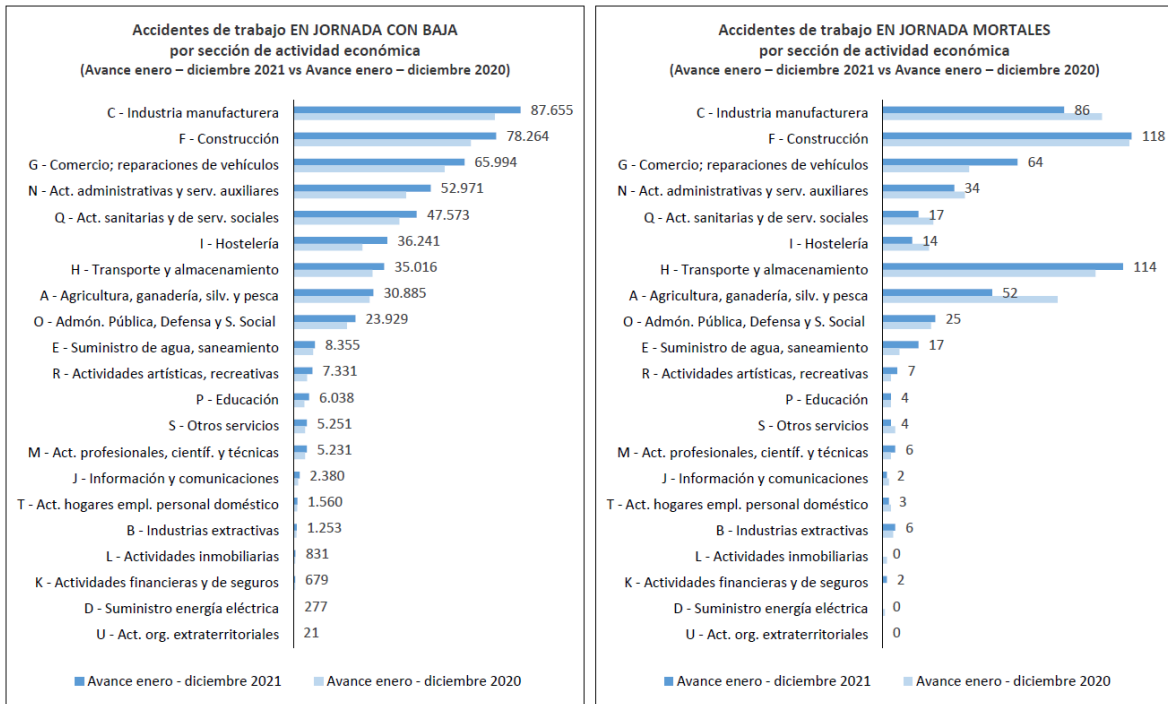


Figura 4.4. Datos sobre accidentabilidad en el sector de la construcción. Fuente: Ministerio de trabajo y economía social, 2020-2021.

Una tendencia bastante preocupante, teniendo en cuenta que se aplica un aumento del 14,3% en cuanto a las accidentes con baja laboral y un punto en cuanto a los accidentes mortales.

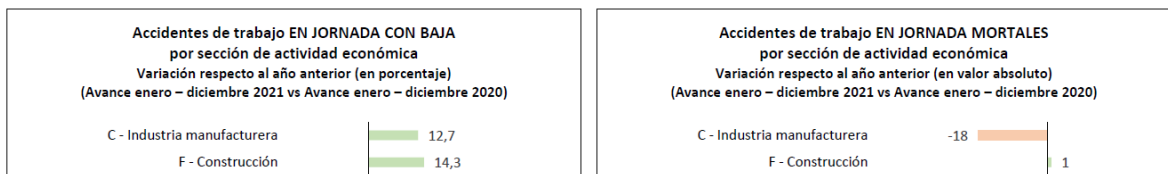


Figura 4.5. Datos sobre accidentabilidad en el sector de la construcción. Fuente: Ministerio de trabajo y economía social, 2020-2021.

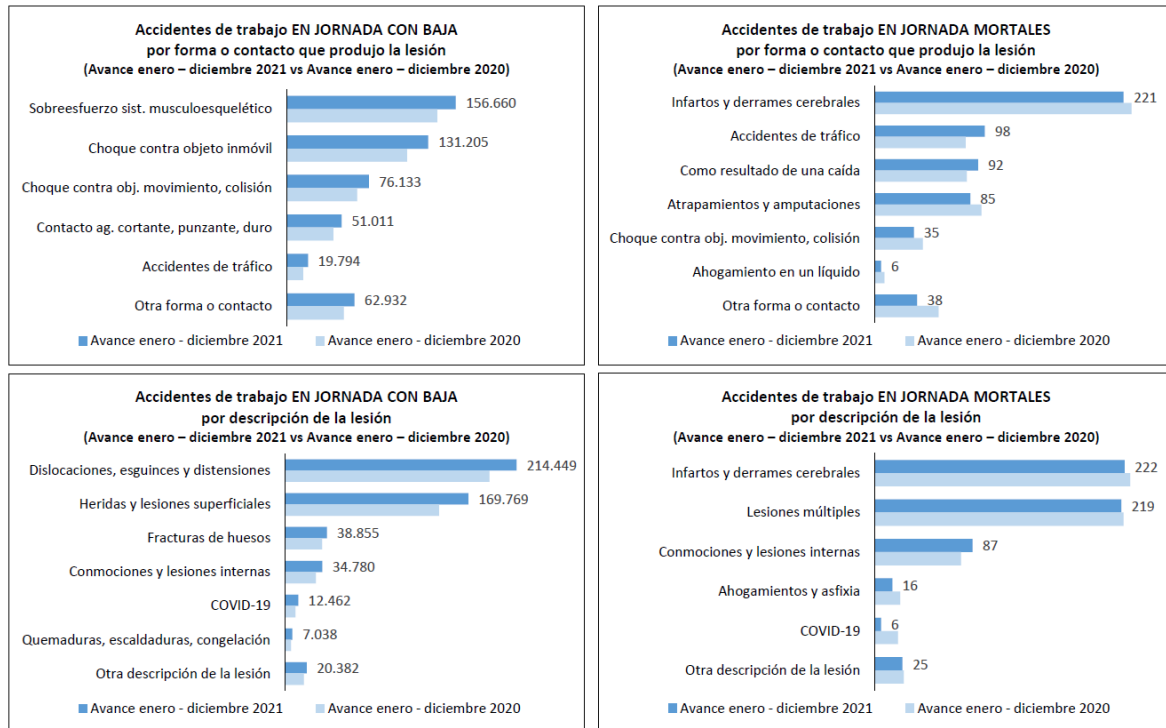
virtual para la formación en prevención de riesgos laborales de trabajadores de la construcción

Figura 4.6. Datos sobre accidentabilidad en el sector de la construcción. Fuente: Ministerio de trabajo y economía social, 2020-2021.

Finalmente, gracias a estos datos de accidentabilidad del ministerio de trabajo podemos concluir con exactitud cuales son los principales accidentes con baja laboral y que derivan en muerte en el sector de la construcción.

En el caso de los accidentes con baja destaca el sobreesfuerzo que tal y como afirma Isastur (2010), empresa especializada en construcción de infraestructuras debe conllevar las siguientes consideraciones presentes en su manual de seguridad:

Factores de riesgo por sobreesfuerzo.

- Transporte manual de cargas.
- Sobreesfuerzos en las operaciones de carga y descarga [...].
- [...] Sustentación de piezas pesadas.
- Permanencia en posturas incómodas. (p.21)

Esto conlleva la aplicación de las siguientes medidas preventivas tal y como aconseja Isastur (2010):

Medidas preventivas:

- [...] Suficientes operarios para manipular las cargas.
- Descansos programados.
- Formación e información sobre los riesgos y como evitarlos.
- [...] Adopción de posturas corporales adecuadas.
- Inclusión de cinturones dorso-lumbares. (p.21)

Gracias al plan de seguridad de Isastur podemos establecer la primera correlación entre la baja laboral más común en el sector de la construcción, como se define para una empresa y que medidas preventivas aplica.

La alta accidentabilidad asociada a este tipo de accidentes tiene correlación directa con el tipo de lesiones que se produce, pudiendo establecer un paralelismo entre el tipo de accidente más común y el tipo de lesiones, que en este caso serian dislocaciones, esguinces y distensiones.

Otro de los accidentes más comunes en una construcción, según los datos estadísticos, es el choque contra objetos inmóviles, seguido por el choque con objetos móviles. Según el instituto valenciano de seguridad y salud en el trabajo (2014), estos accidentes son:

Factores de riesgo choque contra objetos inmóviles y móviles:

- Golpes o choques contra elementos del mobiliario (mesas, sillas, archivadores, estanterías), equipos de trabajo (equipos de soldadura, fotocopiadoras), elementos propios de las instalaciones industriales (máquinas, conductos, climatizadoras, etc.) [...].
- Golpes o choques contra equipos que son manipulados en el centro de trabajo durante desplazamientos internos (carros, carritos, etc.) [...].

- Golpes contra puertas de tipo vaivén. (p.1)

Esto conlleva la aplicación de las siguientes medidas preventivas tal y como aconseja el instituto valenciano de seguridad y salud en el trabajo (2014):

Medidas preventivas:

- Orden en el entorno de trabajo.
- Correcta disposición en zonas asignadas de materiales, elementos estructurales, etc. (p.1)

Una vez ejemplificado anteriormente el paralelismo entre el tipo de baja y la consecuente lesión, gracias al instituto valenciano de seguridad y salud en el trabajo, podemos establecer la segunda correlación entre el tipo de accidentabilidad en el sector.

Siguiendo con los accidentes más comunes el siguiente en la lista es el de contacto con agente punzante o cortante que según la fraternidad Muprespa (2001) se define como: “El trabajador puede sufrir un corte al tener un encuentro repentino y violento con un material inanimado, o utensilio afilado o punzante con el que trabaja”. (p.25)

Factores de riesgo contacto con agente punzante o cortante:

- [...] Bordes o picos que asoman por las áreas de paso.
- Materiales no resistentes.
- Ausencia de dispositivos de seguridad.
- Falta de orden y limpieza.
- Almacenaje adecuado de elementos cortantes o punzantes.
- Falta de EPIs (calzado de seguridad y guantes).
- [...] no utilizar los recipientes adecuados para la retirada de objetos rotos. (p.26).

Esto conlleva las siguientes medidas preventivas, tal y como aconseja la empresa Muprespa (2001):

Medidas preventivas:

- Protección de los lugares de trabajo.
- Señalizaciones oportunas.
- [...] Herramientas y útiles en buen estado.
- Orden y limpieza.
- Utilización oportuna de EPIs [...]. (p.27-29)

En este caso la mutua fraternidad Muprespa facilita toda la información referente a este tipo de accidentes laborales en su plan de seguridad proyectando la definición del riesgo laboral, los factores de riesgo y las medidas preventivas que conlleva.

Y finalmente los atropellamientos que ocupan la última posición en las estadísticas de accidentes con baja laboral, es decir los menos comunes. Los atropellos se producen en las construcciones debido al alto volumen de vehículos pesados que circulan y realizan movimiento de cargas dentro y fuera del recinto, por lo que conlleva los siguientes factores de riesgo según la empresa Isastur (2010):

Fatores de riesgo atropellamientos:

- Por proximidad a viales con tráfico o maquinaria en funcionamiento.
- Localización de las zonas de trabajo [...]. (p.10)

Esto conlleva las siguientes medidas preventivas, tal y como aconseja la *confederació d'associacions empresarials de balears* (CAEB, 2006):

Medidas preventivas:

- Respetar las señalizaciones [...]
- Acceder a la obra por la entrada de personal y no de vehículos

- Utilización de vehículos solo si se está autorizado para ello.
- Uso de EPIs tales como chalecos, cascos y calzado de protección.
- Revisión de la señal acústica de marcha atrás. (p.7)

Una vez más mediante dos empresas que trabajan en materia de prevención de riesgos laborales se establece la relación entre accidente y procedimiento en materia preventiva.

Además de todos estos accidentes más comunes dentro de las estadísticas, en la formación en materia de prevención de riesgos laborales se aplican otros muchos más posibles accidentes tal y como aparecen en el libro formativo de la fundación laboral de la construcción que en este caso servirá para concretar uno de los accidentes con mayor mortalidad dentro de una construcción: las caídas de personas desde distinta altura. Por lo que la fundación laboral de la construcción (2015) afirma:” Puede manifestarse por la presencia de uno o varios trabajadores en la proximidad de zonas en las que existen diferencias de nivel o de cota”. (p.68)

Una vez expuesta la definición exacta para este tipo de riesgo cabe destacar los factores de riesgo según la fundación laboral de la construcción (2015):

Factores de riesgo caídas sobre distinto nivel:

- Deficientes condiciones materiales del lugar de trabajo.
- Deficientes condiciones materiales del lugar de trabajo. (p.67)

Esto conlleva la aplicación de las siguientes medidas preventivas según la fundación laboral de la construcción (2015):

Medidas preventivas:

- [...] De tipo colectivo tales como sistemas provisionales de protección de bordes (barandillas) y las redes de seguridad.
- [...] De tipo individual tales como arneses y líneas de vida. (p.68)

A diferencia de las caídas sobre distinto nivel las caídas, las caídas sobre el mismo nivel se producen tal y como afirma la fundación laboral de la construcción (2015): “La caída de personas al mismo nivel es aquella que, tras producirse, el cuerpo del trabajador queda sobre el mismo nivel o cota de la superficie por la que transitaba o se encontraba”. (p.68)

Una vez expuesta la definición exacta para este tipo de riesgo cabe destacar los factores de riesgo según la fundación laboral de la construcción (2015):

Factores de riesgo caídas sobre el mismo nivel:

- Existencia de superficies de tránsito irregulares o deslizantes.
- Desorden y falta de almacenamiento oportuno. (p.67)

Esto conlleva la aplicación de las siguientes medidas preventivas según la fundación laboral de la construcción (2015):

Medidas preventivas:

- Acondicionamiento de superficies [...].
- Orden y limpieza.
- Instalación de pasarelas.
- Sustitución de pavimento por uno antideslizante.
- Señalizaciones oportunas. (p.68-69)

Al igual que algunos de los accidentes anteriormente descritos gran parte de los accidentes que causan heridas leves, tienen como solución en el apartado de medidas preventivas el orden y la limpieza, mediante la disposición adecuada de los elementos de una obra el correcto mantenimiento y limpieza de esta. Cabe tener en cuenta la característica añadida de acondicionamiento de superficies y pasarelas, ya que el terreno irregular de una construcción también debe ser foco de las medidas preventivas.

Debido al gran número de maquinaria eléctrica otro de los posibles accidentes habituales de una construcción es la electrocución. Citando la fundación laboral de la construcción (2015) el riesgo de electrocución es y puede ser:

- Contacto eléctrico directo:
 - Aquel que se produce con las partes activas de la instalación, es decir, elementos que han sido diseñados para estar en tensión en condiciones de funcionamiento (por ejemplo, cables conductores, enchufes, etc.). (p.79)
- Contacto eléctrico indirecto:
 - Aquel que se produce, generalmente, con equipos de trabajo que accidentalmente se han puesto en tensión como consecuencia de posibles defectos en la instalación eléctrica. (p.80)

Una vez expuesta la definición exacta para este tipo de riesgo cabe destacar los factores de riesgo según la fundación laboral de la construcción (2015):

Factores de riesgo electrocuciones directas e indirectas:

- Defectos de aislamiento en los componentes activos de las instalaciones.
- Falta de EPIs.
- Falta de mantenimiento. (p.79-80)

Esto conlleva la aplicación de las siguientes medidas preventivas según la fundación laboral de la construcción (2015).

Medidas preventivas:

- Mantenimiento y supervisión.
- Utilización de EPIs y elementos aislantes.
- Uso de obstáculos y señalizaciones oportunas. (p.81-82)

De igual manera que con el riesgo eléctrico la gran variedad de maquinaria utilizada en una construcción puede derivar problemas por directamente su uso. Este es el caso del riesgo por proyección de partículas.

Según la constructora Isastur (2010) conlleva los siguientes factores de riesgo:

Factores de riesgo proyección de partículas:

- [...] Por el uso de herramientas tales como radiales, sierras de disco y soldaduras [...].
- [...] Durante el empuje y la carga y descarga de tierras.
- Proyección de gotas de hormigón a los ojos. (p.14)

Esto conlleva la aplicación de las siguientes medidas preventivas según la constructora Isastur (2010):

Medidas preventivas:

- Formación en el manejo de las herramientas [...].
- Prohibido anular los sistemas de protección.
- Uso de EPIs.
- Uso de EPCs. (p.14)

Una vez más queda constatado la importancia de los elementos de protección individual. De forma obligatoria estos elementos deben equiparse al entrar a una construcción, pero al utilizarse herramientas o trabajos “especiales” las medidas de seguridad aumentan y el uso de estos elementos de protección individual también, tales como mascarillas, pantallas de protección, guantes especiales, etc.

Debido al gran número de elementos que se suspenden en el aire en una construcción ya sea mediante grúas o cabrestantes el riesgo de sufrir la caída de un objeto que impacte sobre un trabajador es elevado. Además, pueden

precipitarse materiales indebidamente almacenados o desordenados conllevando un riesgo de accidente importante.

Según la fundación laboral de la construcción (2015) la caída de objetos se define como: “El riesgo de caída de objetos desde altura puede derivarse del uso de equipos de trabajo tanto para la elevación y los movimientos de cargas [...], como para la realización de trabajos en altura [...]. (p.75).

Una vez expuesta la definición exacta para este tipo de riesgo cabe destacar los factores de riesgo que quedan definidos por la empresa constructora Isastur (2010):

Factores de riesgo caída de objetos:

- Caídas de material.
- Caídas al efectuar trabajos.
- Desplomes.
- Deficientes condiciones en el uso de EPCs. (p.9)

Esto conlleva la aplicación de las siguientes medidas preventivas según la fundación laboral de la construcción (2015):

Medidas preventivas:

- Colocar la carga de manera ordenada, estable y sin sobrepasar el volumen creado por el contenedor o recipiente de transporte.
- No sobrepasar la carga admitida [...].
- Velar por que se realicen las revisiones periódicas de todos los elementos de elevación de cargas
- Establecer, en la medida de lo posible las vías de circulación y áreas de trabajo fuera de ámbito del movimiento de las cargas.
- Delimitar el área de caída de objetos [...].

- Instalación de marquesinas.
- Mantenimiento adecuado. (p.75-76)

Finalmente, y como último accidente a evaluar dentro de los más comunes de una construcción es el riesgo de sufrir quemaduras. En este caso volvemos a encontrar una correlación entre el tipo de riesgo y las heridas presentes en las estadísticas que causan una baja laboral.

Tal y como expone la *confederació d'associacions empresarials de balears* (CAEB, 2006): "las quemaduras normalmente se producen por el contacto físico con agentes químicos corrosivos". (p.14)

Pero debemos tener en cuenta que por la naturaleza del tipo de quemaduras la definición que aporta la guía para la prevención de los riesgos laborales de la UGT (UGT, 1999) es más exacta:

Se producen por el contacto con agentes contaminantes de diversa naturaleza. Son muy frecuentes los polvos y nieblas que se generan en algunas operaciones, como manipulación de yesos, corte de molduras, etc. y que pueden ser inhalados por los trabajadores. Esta inhalación puede originar problemas respiratorios, bronquitis, etc. Otros productos pueden ejercer un efecto sobre la piel, mediante el contacto directo, sin protección, y pueden dar lugar a alergias cutáneas, muy frecuentes entre los albañiles, quemaduras, etc. (p.7)

Una vez expuesta la definición exacta para este tipo de riesgo cabe destacar los factores de riesgo que quedan definidos por la fundación laboral de la construcción (2015).

Factores de riesgo quemaduras:

- Condiciones climáticas.
- Uso de materiales corrosivos.
- Uso de agente químicos. (p.92-93)

Esto conlleva la aplicación de las siguientes medidas preventivas según la fundación laboral de la construcción (2015).

Medidas preventivas:

- Uso adecuado de EPIs.
- Correcto almacenaje y disposición de los materiales.
- Formación e información sobre las características y naturaleza de los materiales inflamables y corrosivos.

Todos estos riesgos, factores y medidas preventivas servirán para posteriormente diseñar un prototipo de videojuego acorde con la accidentabilidad en el sector.

Estos datos aportan una visión nacional de la accidentabilidad en el sector, pero en cuanto a la situación presente respecto a la situación europea la incidencia española destaca como una de las más elevadas de la comunidad.

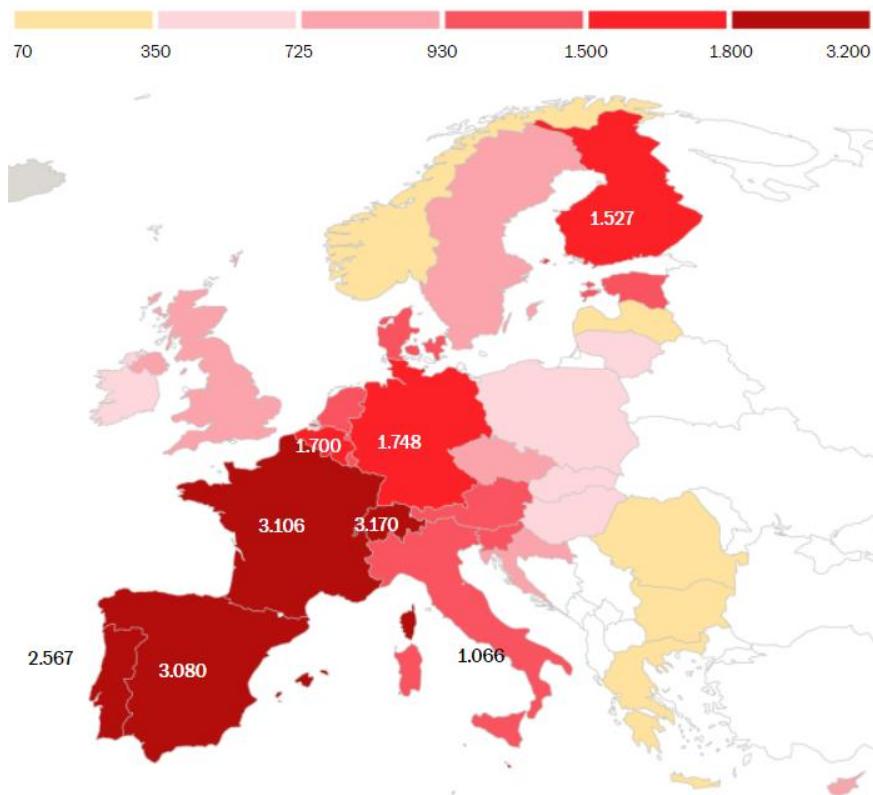


Figura 4.7. Índice de accidentabilidad en el sector de la construcción europeo. Fuente: Ministerio de trabajo y economía social y Eurostat, 2018.

Destacando también otros países como Francia y Suiza, por lo que urge la revisión de los criterios formativos, aplicados en estos países para afrontar una disminución de la accidentabilidad en el sector.

4.1.3 Normas básicas de seguridad y salud en la construcción

Pero también se ha expuesto la tendencia de la subcontratación de empresas que generen un plan de seguridad y de formación para así tener una aproximación real de cuál es la formación que reciben los trabajadores concretamente en cuanto a las normas básicas de seguridad.

Este análisis tomará como referencia la subcontrata en materia de formación en seguridad y salud en la construcción a cargo de la empresa especializada MAZ (2002), de Zaragoza, España.

1. Orden y limpieza.

- En este bloque se incide en la necesidad de mantener la limpieza y el orden de una construcción para así evitar caídas al mismo y distinto nivel, golpes, pinchazos, etc. Además de esto serán necesarios elementos de protección individual tales como botas de trabajo. (p.6-7)

2. Trabajos en altura.

- En este apartado se hace referencia a la necesidad de la utilización de elementos de protección tales como:
 - Redes.
 - Barandillas.
 - Líneas de vida.
 - Puntos de anclaje y arneses.
 - Plataformas.

3. Protección de huecos.

- Protección mediante plataformas de madera o mallazo.

4. Equipos de trabajo.

- Aparatos en un correcto estado de mantenimiento.

5. Transporte manual.

- En este apartado se incide en la correcta manipulación de cargas de forma manual para evitar accidentes por sobreesfuerzo.

6. Herramientas manuales.

- Principales puntos a tener en cuenta para el correcto uso de herramientas y los principales elementos de protección individual necesarios para utilizarlos.

7. Instalaciones eléctricas.

- Se expone la correcta manipulación de sistemas eléctricos y los elementos de protección adecuados a utilizar.

8. Señalización.

- Presentación de las principales señales presentes en una construcción y su significado.

9. Equipos de protección individual (EPIs).

- Tipos de elementos de protección individual y su correcto uso.

10. Vigilancia de la salud.

- Consideraciones para un correcto desempeño del trabajo teniendo en cuenta las principales premisas de salud.

4.2 Realidad virtual

En este apartado se realizará un estudio para repasar los principales retos y características de la realidad virtual que posteriormente se aplicaran al motor de videojuegos *Unreal Engine*.

4.2.1 Continuo realidad y virtualidad

Para entender el continuo realidad-virtualidad debemos empezar con los principales enunciadores de este concepto: Paul Milgran y Fumio Kishino el año 1994. Este continuo se extiende de izquierda a derecha, desde la realidad física a la virtualidad completa.

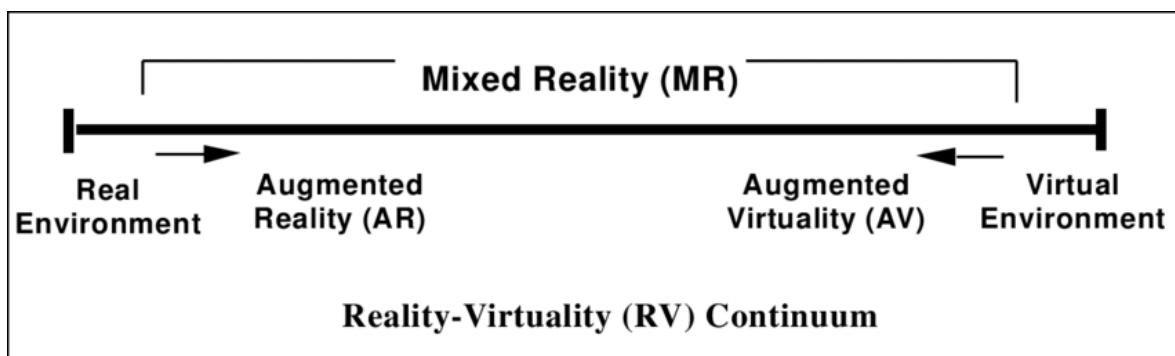


Figura 4.8. Continuo realidad tiempo. Fuente: Paul Milgran y Fumio Kishino, 1994.

Para el desarrollo de la experiencia nos centraremos en el entorno virtual, aquel que se asemeja a la realidad mediante componentes tecnológicos. Pero debemos tener en cuenta las principales ventajas y desventajas de utilizar esta tecnología, que se extraen gracias a la universidad de Ciencias de la tierra y minerales de Pensilvania, y concretamente a John A. Dutton.

- Ventajas realidad virtual:
 - Permiten experimentar de forma realista y gracias a esto adquirir conocimientos y prácticas de forma más impactante.
 - Aumento de las capacidades cognitivas.
 - Aumento de la motivación gracias a los elementos gamificados.

- Rentabilidad al no necesitar de simuladores realistas para trasladar la experiencia.
- Interacciones y comentarios en tiempo real para dar apoyo al jugador.
- Exposición controlada a ambientes estresantes.
- Desventajas realidad virtual:
 - Fácilmente se puede romper el efecto de lo virtual.
 - Conflictos sensoriales y motrices.
 - Comportamientos distintos a la realidad.
 - Accesibilidad.

Con todo esto deberemos tener como principales premisas para desarrollar la experiencia la experimentación de situaciones realistas que aporten una mayor experiencia, el aumento de la motivación del aprendizaje gracias a nuevas tecnologías e interfaces. Además, se deberá lidiar con las principales problemáticas, siendo la más frecuente la de los conflictos sensoriales y motrices.

4.2.2 Hardware y software

Gracias a una modernización de las tecnologías y una fuerte inversión en los últimos años las herramientas de realidad virtual están adquiriendo más importancia que nunca, es por ello que a continuación se enunciarán las principales opciones que existen en la actualidad.

- Oculus Quest 2.
- Oculus Rift.
- HTC Vive.
- Playstation RV.
- HP Reverb G2.

De todas las opciones disponibles en la actualidad se utilizará un set de oculus rift del año 2017 para desarrollar la experiencia, debido al préstamo por parte de la universidad.



Figura 4.9. Visor y mandos de oculus rift. 2017.

Estas gafas cuentan con una resolución de 1080x1200 por ojo y tecnología de pantalla OLED. Cuentan también con una tasa de refresco de 90hz y un ángulo de visión de 110 grados.

Con el paso del tiempo y el avance de tecnologías y nuevos equipos de realidad virtual hacen de estas gafas una opción algo desfasada, pero manteniendo una base de desarrollo exactamente igual que las opciones más modernas. Con todo esto también debe tenerse en consideración que las opciones más actuales mejoran aspectos como la comodidad y la usabilidad, aspecto que un usuario final podría llegar a agradecer.

Todo esto acompañado de un ordenador de sobremesa capaz de soportar los requerimientos recomendados de uso, hacen de estas gafas una opción más que satisfactoria para el desarrollo del prototipo.

En cuanto a los diferentes motores gráficos disponibles para la creación de una experiencia en realidad virtual *Unreal Engine* se elige como la opción más completa por los siguientes motivos:

- Motor gráfico con potentes herramientas de renderizado en tiempo real.
- Implementación rápida y sencilla de herramientas de realidad virtual, además de contar con sistemas preestablecidos.
- Amplia variedad en cuanto a bibliotecas y *assets* compatibles para desarrollar cualquier tipo de experiencia.
- Motor enfocado al desarrollo de sistemas 3D.

Otro aspecto fundamental dentro del citado motor de videojuegos es la fácil incorporación de la tecnología de realidad virtual dentro de las escenas de juego, contando también con escenas prediseñadas para un fácil aprendizaje y uso de las gafas. También destacar la posibilidad de añadir *plugins* oficiales de oculus para un fácil reconocimiento y uso de las gafas.

Aun no siendo un software como tal cabe destacar la utilización de Mixamo como librería esencial para la importación de animaciones que representarán los accidentes y acciones dentro de la experiencia.

4.2.3 Mecánicas comunes

Desarrollar una experiencia en realidad virtual conlleva unos retos algo diferentes al desarrollo de un videojuego clásico, empezando primeramente por el concepto fundamental de movimiento, o en este caso llamado *locomotion*.

En los videojuegos de realidad virtual el sistema más habitual de juego se desarrolla desde un punto de vista en primera persona. Esta es la forma más efectiva para crear una sensación de inmersión y real, ya que el usuario percibe el mundo virtual desde una perspectiva natural.

Teniendo en cuenta esta perspectiva de vista surge uno de los problemas más comunes a la hora de probar un videojuego de realidad virtual, el comúnmente

conocido como *motion sickness*. Según (C. Wienrich, CK. Weidner, C. Schatto, D. Obremski, JH, 2018). “El *motion sickness* generalmente ocurre cuando una persona siente un movimiento, pero no necesariamente lo ve. Por el contrario, la enfermedad del simulador puede ocurrir sin ningún movimiento real del sujeto”. (p. 1-8)

Otras teorías como por ejemplo la del *sensory conflict theory*. (J. T. Reason, I. J. Brand, 1975), *poison theory* (M. Treisman, 1977.), *the model of negative reinforcement* (B. Lewis-Evans), *the eye movement theory* (J. J. La Viola, 2000) y la *the postural instability theory* (G. E. Riccio, T. A. Stoffregen, 1991) tienen como objetivo explicar los motivos por los cuales un jugador puede sufrir este efecto.

Para solucionar esta problemática surgen diferentes acciones que pueden ayudar al jugador, como la utilización de un punto fijo en pantalla para tener un punto de descanso, la reducción del punto de vista para abarcar menos superficie en pantalla, un rendimiento óptimo y fluido, y el uso de señales y iluminación para así evitar el texto y lectura continuada.

Teniendo en cuenta los retos que suponen esta presencia real en contra de una presencia virtual, otro de los puntos fundamentales es el movimiento del jugador, que puede resumirse en las siguientes 4 formas:

- Movimiento físico.
 - Gracias a los sensores de movimiento de los equipos de realidad virtual actuales el jugador puede moverse con libertad dentro de la experiencia.
- Teletransporte.
 - Los jugadores son capaces de teletransportarse de una ubicación o entorno diferentes.

- Movimiento de brazos.
 - Simulando el movimiento realizado al correr los sensores de los equipos de realidad virtual perciben esta acción como el caminar o correr.

- “Agarrar”.
 - Mediante la acción de agarrar y soltar el jugador puede moverse por el entorno.

Estas mecánicas son las comúnmente utilizadas en la industria del videojuego, aunque dependiendo del tipo de experiencia y genero la lista sería mucho más extensa. Un ejemplo sería el presente dentro del género de los *shooters*, o en juegos de estrategia, deportes, etc.

Cabe destacar que no necesariamente en todos los videojuegos de realidad virtual el movimiento es una mecánica presente dentro de la experiencia. En estos casos el jugador puede, desde un punto fijo e inmóvil, realizar las acciones. Esto suele ocurrir en videojuegos dentro del género de hordas.

4.3 *Serious games*

Para el correcto desarrollo de la idea de videojuego deberán seguirse unas premisas, partiendo de los conceptos de gamificación y *serious games*, hasta los diferentes tipos de propuestas y la confección de los objetivos de aprendizaje.

4.3.1 Gamificación y *serious games*

Primeramente, para comprender que se entiende en la industria para cada uno de estos conceptos conoceremos la definición que se aplica hoy día. Los videojuegos serios según María Sánchez Gómez (2017) son:

Objetos y/o herramientas de aprendizaje que poseen en sí mismos y en su uso objetivos pedagógicos, didácticos, autónomos, autosuficientes y reutilizables, que

posibilitan a los jugadores a obtener un conjunto de conocimientos y competencias predominantemente prácticos. (p.1)

Y la gamificación según José Luis Ramirez (2014) es “aplicar estrategias (pensamientos y mecánicas) de juegos en contextos no jugables, ajenos a los juegos, con el fin de que las personas adopten ciertos comportamientos”. (p.1).

Una vez definido que es cada concepto se debe seguir con el diseño del *serious game* aplicando los siguientes conceptos para concretar, adaptar la experiencia al tipo de cliente o usuario y definir la tipología que posteriormente se explicará en el apartado de taxonomía de *serious games*.

Tal y como afirma María Sánchez Gómez en (Buenas Prácticas en la Creación de *Serious Games* (Objetos de Aprendizaje Reutilizables), 2017).

La primera fase al diseñar *serious games* es el análisis del contexto. Es decir, previamente al diseño, los objetivos han de estar claramente expresados y el público bien definido [...]. Los objetivos simbolizan lo que se desea lograr con el producto. No definen el producto, pero sí lo delimitan (p.6).

Un objetivo claro y conciso, que permita preguntar de una forma medible si los puntos clave se han logrado cumplir, y finalmente los pasos a seguir para cumplimentar todos estos criterios. Además de esto aplicar los conceptos de problema-oportunidad sirven para detectar cual es la necesidad de desarrollar un videojuego serio para un ámbito en concreto y como aprovechamos esos puntos para aprovecharla.

Una vez definidos los objetivos y el público objetivo María Sánchez Gómez (2017) destaca:

Concluido el análisis contextual, el diseñador llevará a cabo el diseño de la información, es decir, la organización del contenido del *serious game*. [...] definir el tema y el estilo visual -incluyendo el uso del color-, plantear un sistema de diseños de pantalla, crear elementos estructurales de cada pantalla (como el fondo, las ventanas, etc.), crear elementos de control (como botones, enlaces etc.), integrar

las imágenes, textos, y demás elementos de la página, y generar prototipos de pantallas. (p.7)

El texto prosigue con la necesidad de la inclusión de los objetivos pedagógicos que tal y como expone María Sánchez Gómez en (Buenas Prácticas en la Creación de Serious Games (Objetos de Aprendizaje Reutilizables), 2017)

Otro aspecto fundamental son los objetivos pedagógicos: Durante la primera fase, el análisis contextual, se establecen los objetivos didácticos, se estudian los contenidos [...] Al analizar los objetivos didácticos y educativos que persigue el juego, se compara con los generales que persigue la acción formativa o el curso. A continuación, se estudian los contenidos que se van a trabajar en el juego serio. Deben estar en consonancia con los contenidos del curso o del tema a tratar. (p.7)

Y finalmente se expone la necesidad de evaluar el contexto circunstancial por el cual se va a desarrollar la experiencia María Sánchez Gómez (2017) afirma:

Por último, el contexto circunstancial en el cual se vaya a poner en práctica el juego y el centro en el cual se vaya a realizar la acción formativa, también es objeto de análisis. Hay que distinguir entre el uso de juegos serios en modalidades de formación e-learning, mixta, presencial, etc., y dependiendo del tipo de enseñanza, habrá que contar con recursos específicos: aulas de informática, espacios abiertos, etc [...]. (p.8)

Con toda esta información podemos resumir los conceptos básicos del diseño de un *serious game* en los siguientes puntos:

Usuario	Lugar	Fondo
Individual	Interior	Entreten.
Colectivo	Exterior	Serio
Ambos	Digital	(S) Educativa
Narrativa	Sistemas	(S) Entrenam.
Ludología	Intelecto	(S) Noticias
Narratología	Corporales	(S) Marketing
		(S) Identidad

Figura 4.10. Tipología de videojuegos serios. Fuente: Gonzalo Frasca, 2022.

En este concreto caso el análisis tipológico de un videojuego serio se aproxima al anteriormente citado por María Sánchez Gómez, añadiendo los puntos de fondo, narrativa y sistemas, además del fondo serio de la experiencia, es decir si se rige como un fondo educativo, de entretenimiento, informativo, sobre marketing o identitario.

Con todos estos criterios se desarrollará un *game proposal* que abarque todos estos aspectos para realizar un diseño, acorde con las buenas prácticas para el diseño de un videojuego serio y los conceptos anteriormente descritos.

4.3.2 Taxonomía de *serious games*

Una vez definido que es exactamente un *serious game*, otro de los aspectos fundamentales es la tipología de estos.

	Juegos para la Salud	Juegos Publicitarios	Juegos para la Formación	Juegos para la Educación	Juegos para la Ciencia y la Investigación	Producción	Juegos como Empleo
Gobiernos y ONGs	Educación para la salud y Respuesta a problemas de salud masivos	Juegos políticos (Campañas de partidos políticos)	Formación de empleados	Información pública	Recogida de datos / Planificación	Planificación de políticas y Estrategias	Diplomacia / Estudios de opinión
Defensa	Rehabilitación y bienestar psicológico	Reclutamiento y propaganda	Formación de apoyo a los soldados	Educación en la escuela y en el hogar	Juegos de guerra / Planificación	Planificación de la guerra e Investigación de armamento	Mando y Control
Sistemas de Salud	Ciberterapia / Exergaming	Política de salud pública y Campañas de concienciación social	Juegos formativos para profesionales de la salud	Juegos para la educación de los pacientes y para la gestión de la enfermedad	Visualización y Epidemiología	Diseño y Fabricación de biotecnologías	Planificación y Logística de planes de salud pública
Marketing y Comunicaciones	Publicidad de tratamientos médicos	Publicidad, marketing con juegos, publicidad indirecta (publicidad por emplazamientos)	Uso de productos	Información de productos	Estudios de opinión	Machinima (corto de animación que usa un videojuego)	Estudios de opinión
Educación	Informar sobre enfermedades y riesgos sanitarios	Juegos sobre temática social	Formación de profesorado / Entrenamiento de competencias específicas	Aprendizaje	Ciencias de la Computación y Reclutamiento	Aprendizaje P2P. Constructivismo	Formación a distancia
Empresas	Información a empleados del sistema sanitario y Bienestar para los empleados	Educación y Concienciación del cliente	Formación de empleados	Formación continua y Cualificación profesional	Publicidad / Visualización	Planificación estratégica	Mando y Control
Industria	Prevención de riesgos laborales	Ventas y contratación	Formación de empleados	Formación profesional	Procesos de optimización mediante simulación	Diseño Nano/Bio-tech	Mando y Control

Figura 4.11. Taxonomía de Sawyer y Smith. Fuente: Sawyer y Smith, 2008.

Gracias al trabajo realizado por los investigadores Sawyer y Smith en esta figura se aglutinan las diferentes características de los *serious games*. En la columna de la derecha se exponen los organismos a los que va dirigida la experiencia, y en la primera fila el objetivo de la creación del videojuego.

En el caso concreto del diseño del prototipo de este proyecto podemos unir los conceptos educación y juegos para la formación, incluso la unión de los conceptos empresas y formación para empleados, dando como resultado una aproximación muy similar al objetivo final del desarrollo del prototipo.

4.3.3 Diseño de objetivos de aprendizaje *serious games*

Para la creación de un *serious game* es necesario la inclusión de un apartado que exponga los objetivos de aprendizaje de la experiencia. En este caso se analizará los objetivos de aprendizaje para lograr que un trabajador adquiera los conocimientos básicos que aprendería en un curso de formación en prevención de riesgos laborales.

Para comprender si los objetivos de aprendizaje son abarcables y conseguibles debemos de tener en cuenta un factor de medición para comprobar el resultado de la experiencia. Teniendo en cuenta que se aplicaran diferentes bloques formativos, estos se dividirán por zonas dentro del videojuego, cada una de estas zonas extrañaran diferentes retos y misiones que aportaran una puntuación al jugador, por lo que, si como si en un examen se tratase, de forma implícita la puntuación que obtenga el jugador en la experiencia será equivalente a un examen para la obtención del diploma de finalización de curso.

Cabe tener en cuenta que la extensión de los cursos formativos (20 horas) no permite realizar una experiencia que sustituya por completo la formación tradicional por la virtual, pero sí que sirve para aportar un aspecto potenciador en uno de los apartados más importantes como por ejemplo el de la prevención de riesgos laborales. Este bloque formativo será el objetivo principal del diseño del videojuego formativo.

Concretando en los diferentes objetivos de aprendizaje se realizará un paralelismo entre los accidentes y riesgos laborales anteriormente descritos en el apartado

5. Metodología y cronograma

A continuación, se expondrán los métodos por los cuales desarrollará el documento, partiendo desde la basa más teórica e inicial, hasta el desarrollo del prototipo. La primera de todas, la búsqueda teórica, que abarcará los conceptos más teóricos necesarios para iniciar el proyecto.

Seguidamente la conceptualización, el proceso más largo, ya que deberá adaptarse a todas las características teóricas, legales y conceptuales del proyecto.

El diseño del juego será el siguiente punto a realizar. Partiendo de los anteriores puntos se desarrollará un *game proposal*.

Y finalmente la implementación del videojuego dentro del motor gráfico Unreal Engine 4.

5.1 Conceptualización

Una vez se conozcan los primeros detalles del objetivo del proyecto se realizará una lluvia de ideas para generar las primeras ideas. Mediante un proceso de iteración estas ideas iniciales irán adquiriendo forma, sentando las bases iniciales del desarrollo del videojuego.

Gracias también a las consecutivas reuniones entre los tutores del proyecto y los participantes en este se irá definiendo los objetivos, los objetivos formativos, las mecánicas del videojuego, el diseño de este, etc.

Cabe considerar que debido a la propuesta diferenciadora de realidad virtual del proyecto también deberá de hacerse un estudio de los principales motores gráficos del mercado y tomar una decisión de cuál es el más adecuado para el desarrollo del prototipo.

El siguiente paso se caracterizará por la toma de referentes dentro de la industria del videojuego y fuera de ella. Esto es debido a la naturaleza del proyecto, que se

base sobre los pilares de la formación de la industria de la construcción, por lo que es casi seguro que algunas propuestas sean simuladores o experiencias sin ningún tipo de gamificación.

Por lo que en resumidas cuentas por cada una de estas fases (conceptualización, diseño e implementación) se dividirán en 3 fases (inicial, intermedia y final), que se comprobarán mediante iteraciones y las consecutivas reuniones realizadas por el equipo de tutelaje de la empresa CIMNE y el tutor de la universidad. Estas reuniones tenían como principal objetivo la validación y estudio de las ideas aportadas para el proyecto, realizando un análisis objetivo.

Para definir cada una de las características esenciales del proceso evolutivo del proyecto se utilizarán descriptores, que servirán para resumir el concepto a cambiar o mejorar dentro de cada una de las fases. De esta forma podrá trasladarse la concepción que existía sobre las fases del desarrollo de una forma directa.

5.2 Diseño del juego

Para la confección del *game proposal* seguiremos los pasos establecidos a partir de la conceptualización anteriormente realizada.

Primeramente, se deberá definir la idea de juego y los objetivos de este para así tener clara la dirección del juego. Para aportar profundidad también deberá tenerse en cuenta la narrativa presente en la experiencia, viendo si se realiza mediante un enfoque narratológico o ludológico.

Por último, será de vital importancia la definición del *gameplay*, reglas, y *flow* del juego para que no quede ninguna duda por resolver a la hora de implementar el prototipo.

Además, tal y como quedaba plasmado en punto 4.3 *Serious games*, el diseño de un videojuego serio en realidad virtual requiere de unas características especiales que no suelen aparecer en los documentos de diseño de videojuegos más genéricos y tradicionales por lo que a continuación se detallan:

- Objetivos pedagógicos.
 - Concreción de lo que se quiere aprender al finalizar la experiencia. Estos objetivos deben ser medibles para comprobar si se ha formado correctamente al jugador.
- Contexto circunstancial.
 - Lugar donde se realizará la experiencia.
- Fondo.
 - Se rige por un tema serio o lúdico.
- Sistemas.
 - Se rige por un tema serio o lúdico.

Para la implementación del prototipo se utilizarán la información adquirida dentro del marco teórico, que posteriormente servirá para el desarrollo del anteriormente citado *game proposal*.

Mediante el uso de un cronograma se limitarán los objetivos de desarrollo en tiempo y forma para así adquirir un orden de trabajo que cumpla las fechas de entrega estimadas.

5.3 Implementación

Para la implementación del prototipo en un motor gráfico primeramente se deberá de tomar la decisión de cuál es el más oportuno para la confección del proyecto. En este caso se optará por el motor de videojuegos Unreal Engine 4 por sus características gráficas y facilidad de inclusión de sistemas de realidad virtual.

Seguidamente será fundamental la recopilación de modelos 3D que permitan confeccionar el diseño del nivel, además de añadir variedad y opciones dentro del juego. También destacar la importante biblioteca presente en la tienda de Epic

Games, donde se podrán encontrar numerosos mapas, sistemas de juego, assets, etc.

Será necesario el estudio de desarrollo de ciertas características, esenciales para la idea de juego que se encontraran con facilidad en las bibliotecas de ayuda de Unreal Engine.

Para llevar a cabo este proyecto se utilizarán una serie de herramientas y programas que se detallarán a continuación.

- Adobe XD: Utilizado en la industria para el diseño de HUD, menús, etc.
- Photoshop: Complementa a Adobe XD, por lo que permite crear escalas de colores, efectos, etc.
- 3dsMax: Paquete de modelado, animación y renderizado que permitirá crear assets 3D o adaptarlos.
- Unreal Engine 4: Motor gráfico elegido para desarrollar la experiencia.

Una vez más destacar la importancia de las iteraciones que se realizarán dentro del motor de videojuegos, partiendo de un concepto mínimo de implementación y que progresivamente irá expandiéndose, realizando los oportunos cambios de diseño, y arreglando los problemas que vayan surgiendo durante esta fase.

6. Resultados

En este apartado se expondrán los resultados del proyecto, partiendo desde la base más teórica e inicial hasta el resultado final del prototipo, pasando por todas las fases de diseño.

6.1 Conceptualización

Una vez adquirida una perspectiva y contexto gracias a la búsqueda bibliográfica se procederá con la conceptualización del proyecto que surgirá de las consecutivas reuniones con la empresa CIMNE, los tutores del proyecto (Javier Mora y Adso Fernández) y la ayuda de María Jesús Bopp y Felipe Muñoz.

El proceso para la creación de la experiencia ha sido largo y lleno de diferentes propuestas. Primeramente, se hizo un análisis de las motivaciones presentes en este proyecto enfocadas a las narrativas que podían integrarse dentro de la experiencia en contraposición a las formaciones tradicionales. Además de esto se cuestionaba como de efectivas serían estas narrativas, para generar suficiente impacto en los jugadores y así lograr transmitir el efecto buscado. Para buscar referencias sobre esto se tomó como ejemplo una investigación realizada por elcosh (*Electronic Library of Construction Occupational Safety & Health*) que buscaba la relación entre el menor número de accidentes laborales presentes en trabajadores experimentados de la minería, y como estos transmitían sus conocimientos y experiencias mediante historias.

Además, esta investigación se puede trasladar en la accidentalidad laboral española, donde según muestran los datos, los accidentes ocurren en mayor número en los trabajadores jóvenes, faltos de experiencia.

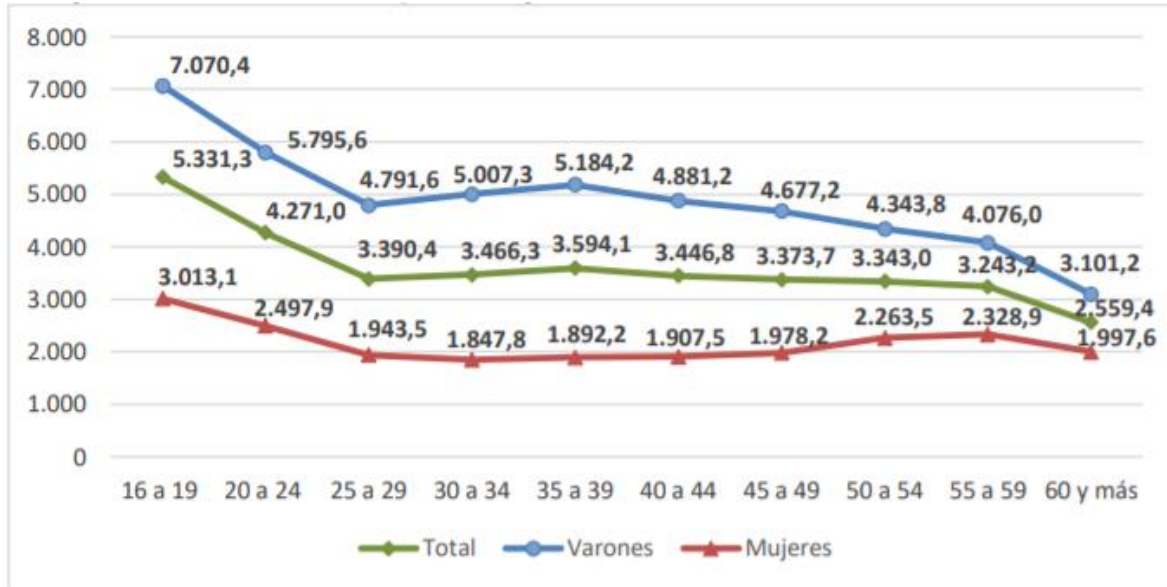


Figura 6.1. Índices de incidencia de accidentes de trabajo de los trabajadores asalariados/as por edad y sexo. Fuente: INSST a partir de los datos del Anuario de Estadísticas del Ministerio de Trabajo y Economía Social, 2019.

Esta era una de las principales premisas iniciales: Como transmitir esos conocimientos, esa experiencia a los trabajadores más jóvenes, que recién llegan a una construcción por primera vez. Por lo que se reflexionó sobre que historias serían las convenientes, donde se podrían encontrar y cuáles serían más efectivas. Esto dio como resultado aquellas que produjesen un gran impacto emocional o sensorial al jugador, además de dotar de un contexto creíble a la experiencia para que tuviera “gancho” y tratase los objetivos formativos de una forma entendedora.

En adición se realizó un estudio bibliográfico sobre propuestas anteriores referentes a la introducción de sistemas de realidad virtual para la prevención de riesgos laborales en excavaciones, trabajos de altura, minería, etc.

Además de esto se llevó a cabo un seguido de preguntas abiertas para fomentar un *feedback* constructivo que se detallaran a continuación según las fases del proceso de conceptualización del proyecto.

5.2.1. Fase inicial

Esta fase se rige por los principios básicos del prototipaje de un videojuego teniendo como principales objetivos cerrar una idea de videojuego mediante lluvia de ideas y toma de referentes (principalmente otros documentos y trabajos académicos sobre temas parecidos). A lo largo de esta fase se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- “Buenismo”.
 - Se propuso este concepto para adjetivar que las propuestas eran demasiado tradicionales y poco transgresoras.
- Profundidad.
 - Era necesario definir la profundidad de aprendizaje para el jugador, es decir sobre que conceptos se realizaría la formación ¿Queremos formar en el uso exacto de una grúa, o simplemente es una excusa jugable para incidir en otros temas?
- Retos vs reglas y mecánicas.
 - ¿Como delimitamos los retos formativos mediante las reglas dentro de juego?
 - Era necesario empezar a definir las mecánicas y acciones que el jugador sería capaz de desarrollar dentro de la experiencia.
- Dilema y conflictos.
 - Se propuso que para cada una de las propuestas debía de generarse un dilema para así generar un conflicto y que el jugador debiese decidir.
- Narrativa
 - Primeros pasos para el diseño de la narrativa presente en el videojuego.

Además de los utilizados descriptores para definir cada uno de los cambios y características del proceso iterativo de la fase de conceptualización cabe destacar que por cada una de estas propuestas iniciales no fueron del todo desestimadas, tal y como aparecen en el apartado de anexos, 9.1 propuestas iniciales. Es decir que en el proceso de conceptualización las iteraciones realizadas hacían mutar las propuestas. Esto sumado a que por cada una de las propuestas iniciales se seleccionaba una parte, hacía que la suma de las partes seleccionada fuera el resultado final que se adjuntará como documento anexo dentro del *game proposal*.

5.2.2 Fase intermedia

En la segunda fase de diseño había como objetivo principal la concreción de todos los aspectos fundamentales del diseño del videojuego, es decir; Definir el marco formativo de la experiencia, el diseño del propio juego y la gamificación presente en este además de afianzar los conceptos teóricos ligados al desarrollo de un *serious game* y los temas tratados en el marco teórico del proyecto.

Además, el diseño del prototipo se empezó a desarrollar en el motor de videojuegos Unreal Engine, añadiendo una serie de desafíos y problemas. A lo largo de esta fase se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Objetivos formativos.
 - La principal premisa del proyecto. ¿Qué es en lo que se quiere formar al jugador exactamente? ¿Y cómo se convertiría en los objetivos *In-game*?
- Objetivos de la experiencia.
 - No se acababa de encontrar los objetivos por los cuales se definirían los retos y las propuestas carecían de una premisa, objetivos, mecánicas y *gameplay*. Simplemente eran propuestas de jugabilidad que no enmarcaban toda la simbiosis presente en un videojuego. Por lo que debía definirse con exactitud un *flow*.
- Confección del marco teórico.

- Era necesario definir de forma temprana los aspectos teóricos que darían apoyo al desarrollo de la experiencia.
- Tabla de los riesgos laborales.
 - Una vez definidos los objetivos de la experiencia se confeccionó una tabla de Excel que relacionase el número exacto de riesgos presentes en la construcción, como se definían, que características tenían, como se implementarían en el juego y el diseño de estos.
- Mecánicas y normativas.
 - La premisa fue clave y sencilla. Era necesario pensar en las mecánicas que se querían adoptar y como se representarían para así aplicarles una normativa referente, para finalmente proporcionar una formación.
- Experiencia vs videojuego.
 - Desestimando las anteriores propuestas se concluyó que hasta este momento (fase intermedia) las conceptualizaciones realizadas tenían demasiado énfasis en realizar una experiencia, pero no en cómo hacerla (gamificarla) y que era necesario reconducir las ideas a un videojuego.
- Gamificación vs inmersión.
 - Se hizo hincapié en que aspectos presentes en un videojuego se deberían aplicar en la experiencia, tales como barras de salud, puntuaciones o simplemente eliminar todos estos sistemas y crear una experiencia mucho más realista e inmersiva.
- Obtención de materiales.
 - Se realizó una exhaustiva búsqueda de sistemas, *assets* y elementos que sirviera como base para una más fácil y mejor implementación del videojuego.

- Se estudió la implementación de algunas mecánicas mediante tutoriales e información oficial de Unreal Engine 4.
- Conceptos de diseño básicos.
 - Se confeccionó un *game proposal* para definir los aspectos básicos de diseño.
- Prototipaje.
 - En esta fase se comenzó con el grueso de la implementación dentro del motor de videojuegos Unreal Engine 4.
- Inclusión y desestimación de mecánicas.
 - Al comenzar con el prototipaje se desestimó la idea de controlar una grúa.
- Retos de diseño.
 - Primeramente, se dispuso a realizar la inclusión de mecánicas básicas (agarre de objetos, sistema de construcción, etc.) y los menús del juego. Esto se realizó en una plantilla base de mundo en Unreal Engine 4.
 - Se concluyó sobre la necesidad de añadir NPCs.
- Ampliación respecto a la visión mínima.
 - En este caso se propuso en cómo se podría extrapolar las ideas presentes en esta experiencia a otras situaciones, trabajadores o ciudadano.
- Concreción bibliográfica y teórica.
 - Se concluyó en la necesidad de tener claro cuál sería la base teórica para el desarrollo del proyecto y el origen de toda esa información.

5.2.3 Fase final

En esta fase se cerrarían gran parte de los retos de diseño y se aplicarían en el motor de videojuegos Unreal Engine 4. A lo largo de esta fase se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Desestimación de propuestas y cambios.
 - En esta parte del desarrollo de la experiencia se desestimó la idea de inclusión de una Inteligencia Artificial que aportase una serie de retos.
- Objetivos y guía.
 - Mediante la inclusión de Pedrito se proporcionó de una guía para que el jugador conociese en todo momento los objetivos a realizar y las medidas preventivas. Es decir, la inclusión de una base teórica dentro de la propia experiencia.
- Filosofías y carácter simbólico.
 - Se pensó en el carácter simbólico de por ejemplo un cono, un elemento de aviso y señalización a respetar y que elementos seguían esta línea.
- Parametrización de la experiencia.
 - ¿Es posible generar una extracción de datos de la experiencia?
- Industrialización de la experiencia.
 - ¿Es factible reconducir el videojuego para que sea aplicable en otras industrias?
- Problemática del idioma.
 - ¿Las personas que no dominen el idioma serán capaces de formarse con esta experiencia?

- Fases, misiones y *affordance*.
 - Se obtuvo la conclusión de la necesidad de otra tabla de Excel que definiera los retos dentro del nivel de juego, el *affordance*, la puntuación, las consecuencias y los NPC implicados.
- Videojuego que tratase un tema o muchos
 - ¿Era mejor centrarse en un solo riesgo laboral y como prevenirlo o aplicar un conjunto de temas para tratarlos todos fase por fase?

Con todo esto se obtuvo una idea de juego llamada Desayuna como puedas que quedará reflejada en el *game proposal* anexo en el proyecto. Además de esto las propuestas desestimadas también quedarán anexas para mostrar la evolución de idea de videojuego.

6.2 Diseño de juego

Mediante el proceso iterativo y las fases de conceptualización la idea de juego había adquirido un diseño suficientemente concreto como para abarcar los puntos de diseño principales.

Pero uno de los cambios más importantes dentro de esta fase fue el cambio entre una experiencia guiada y una libre.

Previamente la concepción de juego se establecía por un selector de niveles, que permitía al jugador avanzar, dentro de un mismo mapa por diferentes zonas de forma pausada. Dentro de estos niveles se introducían conceptos teóricos que permitirían al jugador detectar las zonas de peligro y actuar en consecuencia. Una vez finalizado el *gameplay* se realizaba un conteo de puntuación, que tendría como resultado el pase al siguiente nivel dependiendo de la puntuación obtenida, pero finalmente esta dinámica de juego quedó descartada debido al reto de implementación.

El desarrollo de una inteligencia artificial que fuese capaz de en tiempo real detectar las zonas de peligro, reaccionar a ella de forma adecuada y finalmente obtener una puntuación acorde a las acciones de esta supuso un reto de implementación fuera del alcance del proyecto por lo que mediante el diseño de la experiencia libre no se requeriría de este sistema.

Realizando iteraciones de diseño se decidió por desarrollar una experiencia libre. En este caso el jugador, gracias a la interacción con NPCs podría establecer su propio camino y decisiones (dentro de unas normas y pautas de diseño). El diseño de las zonas de peligro fue fundamental para ordenar el espacio de juego y esparcir los retos para el jugador por todo el mapa.

El trabajo de los NPCs, que anteriormente no existían en la anterior iteración, sería el de separar, mediante los diálogos implementados las zonas de peligro. Cada una de estas introducía un riesgo laboral y una posible solución para el jugador, con la consecuente obtención de resultados.

Mediante el desarrollo de esta iteración se observó como la idea de la implementación de la inteligencia artificial perdía fuerza e interés para el jugador y las dinámicas dentro de la partida.

Debido a los cambios realizados en el proceso de diseño e implementación fue necesaria la creación de dos *game proposals*. Cada uno de ellos definía los conceptos básicos de diseño sobre Desayuna como puedas V1 y Salva la construcción.

6.2.2 Game proposal

Durante el proceso iterativo se confeccionaron 2 *game proposals* que definían la evolución de cada uno de los procesos de diseño y conceptualización. Estos *game prosal* definían cada uno de los siguientes aspectos partiendo de los apartados del propio documento:

- Descripción.

- Breve resumen improductivo sobre las características esenciales de la propuesta.
- Pitch.
 - Resumen “comercial” del videojuego.
- Referentes.
 - Propuestas dentro del sector que sirven como ejemplo.
 - En este caso el proceso iterativo no afectó a los referentes, que se mantuvieron prácticamente iguales, añadiendo únicamente una opción más para aportar cierta variedad.
- *Moodboard* estilo visual.
 - Características visuales principales representadas en un *moodboard*.
 - El estilo visual del proyecto sí que cambió debido a las diferencias de *gameplay* y vista del jugador, ya que la propuesta pasó de tener varias fases a pasar únicamente a un movimiento libre por parte del jugador.
- Objetivos formativos.
 - Objetivos de aprendizaje diseñados para el jugador.
 - Prácticamente se mantuvieron iguales entre ambas propuestas, eliminando la formación sobre las grúas y centrando únicamente la propuesta en la prevención de los riesgos laborales más comunes.
- Objetivos de juego.
 - Definición de las misiones y objetivos que realizará el jugador dentro del videojuego.
 - Este fue uno de los aspectos que mayor cambio experimentó respecto a ambas propuestas. En el primer *game proposal* la experiencia se desarrollaba mediante niveles, cada uno de ellos con unas fases

determinadas y unos objetivos concretos, pero mediante el proceso iterativo la primera opción quedó descartada.

- Fases de juego y *flow*.
 - Acciones y procesos que realizará el jugador.
 - Otro de los aspectos con mayor cambio entre propuestas, pasando de una experiencia pautada y segmentada en niveles a una totalmente libre.
- *Gameplay* y reglas.
 - Las mecánicas que definían el *gameplay* del videojuego permanecieron prácticamente inalterables, partiendo como base la capacidad de interaccionar del jugador para cambiar la escena y aprender sobre los riesgos laborales.
- Hilo narrativo.
 - En este apartado ambas propuestas son totalmente diferentes entre ellas, partiendo de la base de los cambios en *gameplay*, *flow* y objetivos.
- Progresión.
 - La progresión pasó de estar segmentada en niveles que reiniciaban y pausaban la experiencia a una progresión lineal y libre. Esta libertad quedaba definida por la inclusión de tantas zonas de interacción como riesgos laborales se querían tratar en el prototipo.
- Diseño de nivel.
 - Debido a la utilización de un *package* que permitía importar una representación realista de una construcción, el diseño del nivel prácticamente permaneció inalterable.

- Para implementar las propuestas si que se realizaron cambios en la escena que permitían guiar al jugador y mostrar los objetivos, misiones, ejemplos, etc.

Ambos documentos seguían una estructura similar, pero la fase iterativa final llevó a que la segunda propuesta de *game proposal* (salva la construcción) fuera la definitiva. Ambos documentos quedan anexados para una mejor comparación entre *propuesats*.

Para desarrollar con mayor profundidad uno de los aspectos más importantes dentro del diseño del *game proposal* y de la experiencia general del proyecto es de suma importancia enlazar los conceptos explicados en el apartado 4.1.2 accidentes y prevención, con el apartado de diseño.

Uno de los aspectos más importantes dentro del proceso iterativo de la experiencia fue la necesidad de definir mediante un videojuego que temas querían tratarse y como desarrollarlos mediante la implementación de mecánicas y un hilo narrativo. Este proceso evolucionó hasta la fase final de implementación dentro del motor de videojuegos *Unreal Engine*.

Aprovechando las cualidades del mapa utilizado para simular una construcción se dispusieron tantas zonas de *gameplay* como riesgos laborales se querían tratar. Este concepto puede visualizarse con mejor representación en el documento adjunto tabla de riesgos laborales, donde se define que zonas existe dentro de la experiencia, una imagen adjunta, que riesgos laborales se tratan, el *affordance* por parte del jugador, etc.

6.3 Implementación

Una vez finalizado el proceso de conceptualización y diseño se prosiguió con la implementación dentro del motor de juego Unreal Engine 4 siguiendo un proceso de iteración similar al de la conceptualización.

En esta fase se realizaron cambios de diseño importantes, necesarios para acabar de adaptar la experiencia a los objetivos establecidos en el proyecto.

6.3.1 Fase inicial

Esta fase se caracteriza por la implementación de las mercancías básicas del juego, teniendo en cuenta que algunas de ellas sufrieron cambios por el proceso iterativo de la implementación de la experiencia.

Las mecánicas básicas se regían por la necesidad de implementar un sistema de construcción que permitiera al jugador colocar elementos en la escena. Además de esto era necesario un sistema de inventario y dotar al jugador de la capacidad de agarrar objetos. Más adelante también se optó por implementar sistemas de dialogo y NPCs.

Seguidamente se implementaron pantallas de información y menú para generar un *game loop* básico que en estos momentos de implementación se caracterizaba por las siguientes características:

- Primeros pasos.
 - Obtención de información y procesos mediante las bibliotecas de Unreal Engine 4.
 - Para el desarrollo de las mecánicas básicas de juego se utilizó la plantilla base en primera persona de Unreal Engine 4.
- Prototipaje inicial
 - Experimentación y pruebas básicas de implementación dentro de la plantilla base en primera persona de Unreal Engine 4.



Figura 6.2. Primera modificaciones e implementaciones en escena. Fuente: Elaboración propia, 2022.

- Agarrar objetos.
 - Una de las mecánicas principales implementadas que no supusieron ningún cambio en toda la implementación del proyecto hasta la implementación de los sistemas de realidad virtual.
 - El jugador mediante el uso del ratón podría seleccionar cualquier objeto en escena y moverlo.



Figura 6.3. Mecánica por la cual el jugador podía agarrar cualquier objeto en escena.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- Sistema de construcción V1.
 - En este caso el sistema de construcción se implementó y expandió en las 3 fases de implementación, partiendo en primera instancia la capacidad de poder colocar objetos sobre el terreno mediante el uso del teclado y el ratón.
 - Mediante el uso del teclado y el ratón el jugador podía seleccionar que construir y emplazarlo en escena, rotando y fijando la posición deseada.

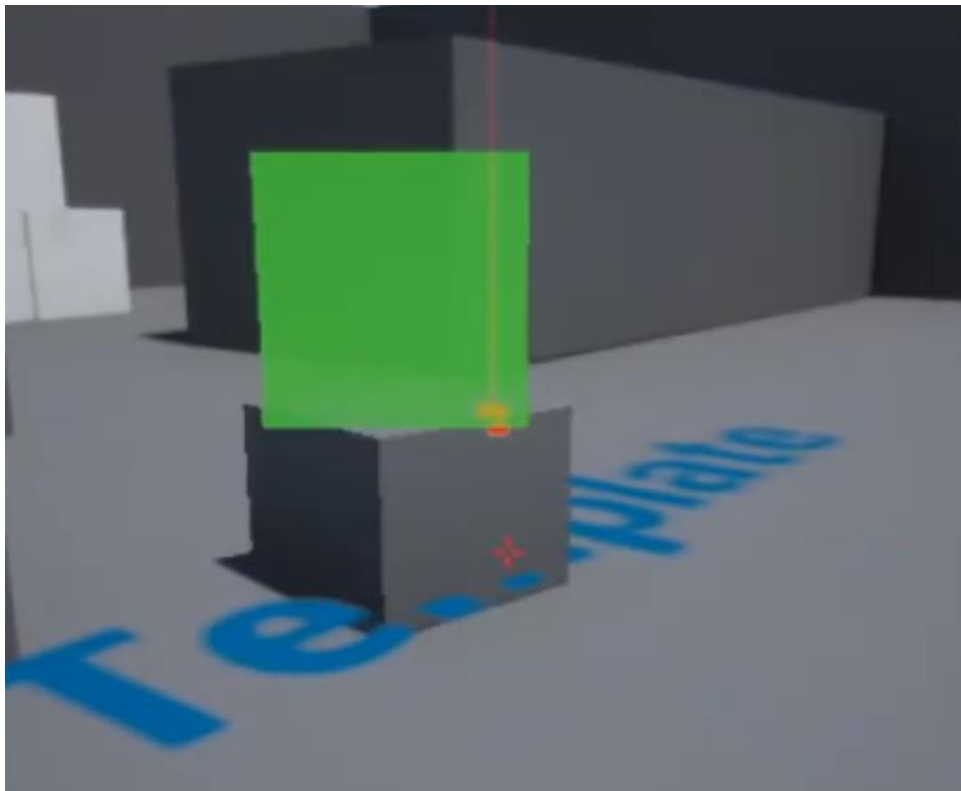


Figura 6.4. Mecánica del sistema de construcción implementada en escena. Fuente: Elaboración propia, 2022.

- Inteligencia artificial y *game loop*.
 - Se dispuso la fase primaria del *game loop* del juego.
 - Mediante el uso de *packages* disponibles en la tienda de Epic Games se importó una inteligencia artificial por la cual se podía generar un camino y salvar obstáculos.

6.3.2 Fase Intermedia

Esta fase se caracterizó por la realización de la primera iteración de los sistemas de juego, la implementación y adaptación de mecánicas y la toma de decisiones de diseño.

- Sistema de construcción V2.
 - Segunda iteración del sistema de construcción que constaba de la solución de errores y la implementación del HUD necesario.

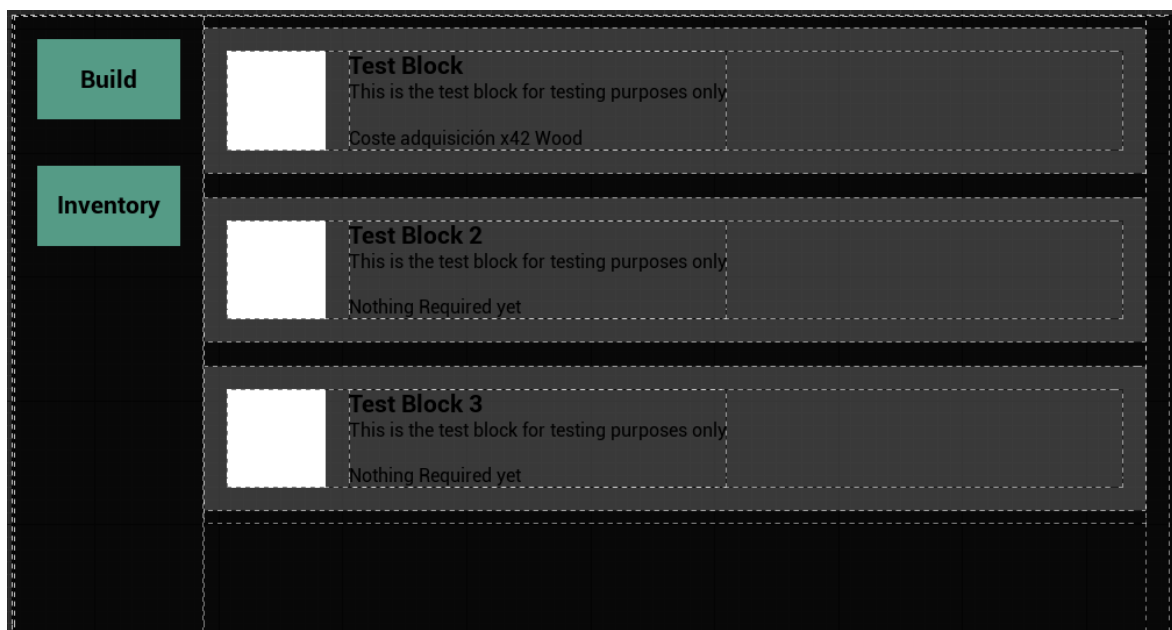


Figura 6.5. HUD implementado para el sistema de construcción. Fuente: Elaboración propia, 2022.

- Búsqueda e importación de *assets*.
 - Mediante el uso de páginas como Sketchfab y la biblioteca de Epic Games.
- Búsqueda e importación de animaciones.
 - Haciendo uso de la página web Mixamo se recopilaron un conjunto de animaciones que representaran los accidentes laborales, interacción con personajes o cualquier tipo de representación.
- Primeras introducciones sobre riesgos laborales.

- Mediante el uso de las mecánicas existentes se implementaron las primeras pruebas sobre riesgos laborales.
- Adaptación de la inteligencia artificial.
 - Adaptación del *package* al proyecto.



Figura 6.6. Adaptación del package de inteligencia artificial siguiendo una ruta predefinida. Fuente: elaboración propia, 2022.

- Adaptación del nivel elegido.
 - Se utilizó un nivel de una zona de construcción previamente diseñada para desarrollar la experiencia, adaptándolo a las necesidades del proyecto.

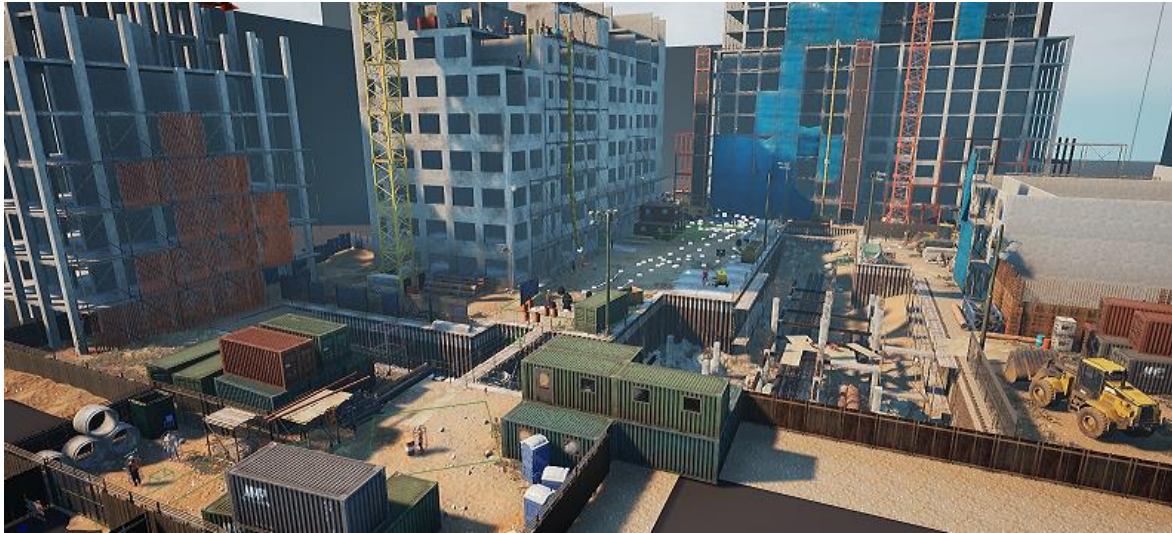


Figura 6.7. Vista aérea del nivel principal seleccionado y adaptado. Fuente: Elaboración propia, 2022.

6.3.3 Fase final

En esta fase y mediante la última de las iteraciones se tomaron las decisiones finales de diseño e implementación. En esta fase se optó por cambiar la experiencia de pausada y dividida en niveles a una totalmente libre. Esto generó importantes cambios en el diseño y *flow* del juego, que enriquecieron e hicieron la experiencia mejor.

- Descartes y modificaciones.
 - Después de analizar la evolución de la experiencia se decidió que la implementación de la inteligencia artificial carecía de sentido al optar por una experiencia libre.
- Descarte final de los menús.
 - Para realizar la experiencia más inmersiva y eliminar la mayor cantidad de elementos en pantalla se optó por descartar la implementación de menús.
 - Además, con la implementación de los sistemas de realidad virtual los menús necesitaban de otra iteración más para adecuarlos a las necesidades de la tecnología.



Figura 6.8. Menús principales para el prototipo. Fuente: Elaboración propia, 2022.

- Cambios en el *game loop*.
 - La experiencia pasó de un conjunto de niveles regidos por un tiempo y un resultado final a una experiencia libre en la que el jugador mediante la guía de los NPC y las zonas de peligro podría completar la experiencia.
- Implementación de riesgos laborales y zonas de peligro.
 - El selector de niveles pasó a una serie de zonas de peligro separadas entre si y un conjunto de NPCs que las introducirían.
 - Todo el conjunto de riesgos laborales y prevención se implementaron acorde a las zonas anteriormente mencionadas.
 - Con un total de 8 zonas implementadas se ejemplifican la mayoría de riesgos laborales más comunes.



Figura 6.9. Zona introductoria y sobreesfuerzos. Fuente: Elaboración propia, 2022.

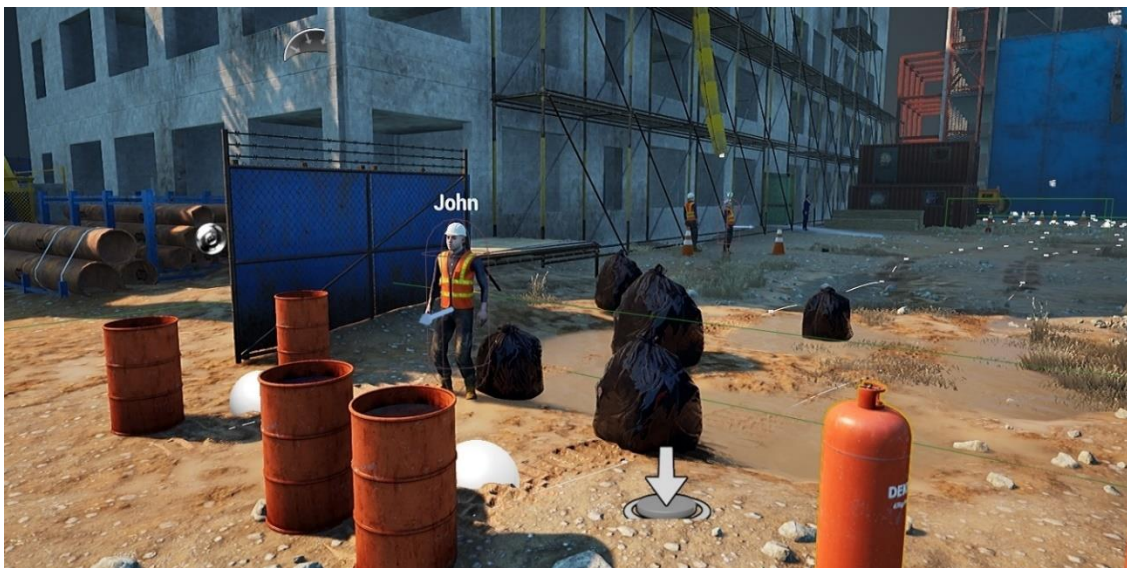


Figura 6.10. Implementación en el motor de juego de las zonas de peligro caídas sobre el mismo nivel y caída de objetos. Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 6.11. Zona de riesgo de caída de objetos. Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 6.12. Zona de riesgo de electrocución. Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 6.13. Zona de trabajos en altura. Fuente: Elaboración propia, 2022.



Figura 6.14. Zona final riesgo proyección de partículas. Fuente: Elaboración propia, 2022.

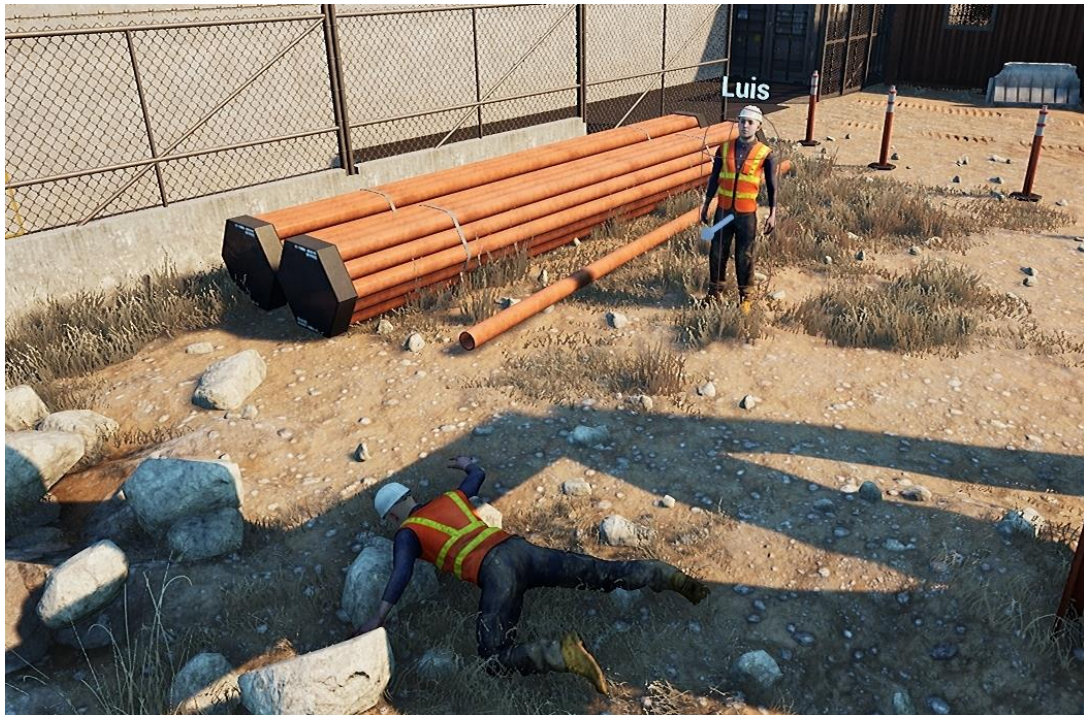


Figura 6.15. Zona final y cierre de arco narrativo. Fuente: Elaboración propia, 2022.

- Introducción de NPCs.
 - Para dirigir la experiencia se optó, aprovechando el sistema de diálogos, por un conjunto de NPCs que además introducirían las acciones de prevención de riesgos laborales.
 - Como NPC introductor se utilizará a Pedrito, que explicará conceptos básicos e introducirá al trabajador en la construcción.



Figura 6.16. NPC introductor Pedrito. Fuente: elaboración propia, 2022.

- Implementación de diálogos.
 - Debido a la gran colección de *packages* disponibles en la *Epic Store* se añadió un sistema de dialogo importando.
 - Este sistema dispuso de diferentes modificaciones para el correcto uso, dando al jugador la capacidad de leer el dialogo existente, y poder contestar una serie de respuestas.



Figura 6.17. Diálogo inicial con Pedrito. Fuente: Elaboración propia, 2022.

- Grabación de voces.
 - Debido a las peculiaridades de los sistemas de realidad virtual se optó por apoyar los diálogos existentes mediante voces grabadas.
 - Se implementaron más de 20 archivos de voz.

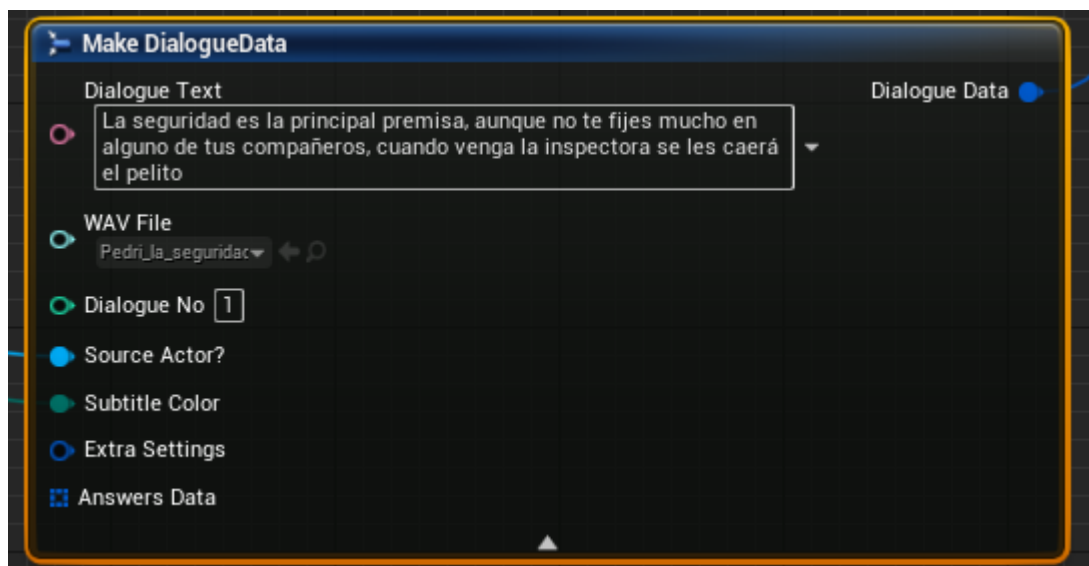


Figura 6.18. Blueprint selector de texto y audio asociado. Fuente: Elaboración propia, 2022.

- Descarte del sistema de construcción.
 - Debido a los resultados positivos implementando el *pawn* predeterminado de realidad virtual que introducía la mecánica de agarre de objetos positivamente, la necesidad del sistema de construcción carecía de importancia.

- Implementación de *sequences* en escena.
 - Estas fueron necesarias para la representación de ciertos accidentes laborales.
 - Finalmente, una *sequence* que destruía un puente quedó descartada por el cambio en el diseño del nivel.

- Implementación final de la narrativa.
 - El proceso de diseño narrativo tuvo que variar debido a los cambios realizados sobre el diseño del juego.
 - En este caso se introducía a Diego, un trabajador desaparecido que, enlazando diálogos con los demás compañeros, el jugador sería capaz de encontrar.
 - Esta narrativa se introduce tanto con los diálogos como con las voces asociadas a los NPCs.

6.3.4 Encuestas

Para finalizar con la implementación del proyecto se dispuso la confección de una encuesta para validar y medir si los conceptos, y objetivos formativos del videojuego quedaban claro por parte de los jugadores.

Los resultados obtenidos por parte de un total de 9 usuarios arrojaron datos sumamente positivos, destacando los siguientes resultados:

- Positividad respecto a las características generales de los sistemas de realidad virtual.
 - Los usuarios aun necesitando unos momentos iniciales para adaptarse a la tecnología, fácilmente adquirieron la capacidad de moverse por la escena e interactuar con los personajes. Eso si con la ayuda del creador de la experiencia.
- Entendimiento de las acciones formativas.
 - El sistema de diálogo no dejaba lugar a dudas. Los usuarios entendían la representación de los riesgos laborales gracias al diseño de estos y las interacciones con los personajes.
- Sistema de diálogo y personajes.
 - Podría definirse como el punto fuerte de la experiencia por parte de los usuarios, destacando la personalidad de cada uno de los NPCs y las voces que tenían, algo que en alguna ocasión generaba risas por parte de los jugadores.
- Experiencia útil.
 - Gran parte de los usuarios consideraron que la experiencia era útil, y que servía como un videojuego formativo, destacando el total entendimiento de los riesgos laborales representados.

Pero también surgieron ciertos aspectos de mejora o negativos que a continuación se detallan:

- Perdida.
 - Pese a la inclusión de un hilo narrativo y una guía que facilitaba la conexión entre zonas y NPCs algunos jugadores se perdieron dentro del nivel y no ubicaban las acciones que debían realizar.
- Duración – mareo.
 - Algunos usuarios experimentaron en los momentos finales de la experiencia cierta sensación de mareo. Esto solía ocurrir aproximadamente entre 15 y 20 minutos de tiempo transcurrido.
- Medidas preventivas
 - Pese al éxito en cuanto el entendimiento de los riesgos laborales la aplicación de las medidas preventivas no quedaba del todo claro. Es decir, el jugador entendía que era peligroso utilizar maquinaria que proyectaba partículas sin unas gafas de seguridad (EPI), pero al no haber una mecánica o acción asociada a esa representación el jugador simplemente asentía y se quedaba con ganas de realizar más acciones.
 - Finalmente, el jugador recordaba las medidas preventivas, pero tenía que hacer un recordatorio más exhaustivo de los diálogos que realizó con los NPC.

Estas encuestas proporcionaban un análisis muy valioso para futuras iteraciones y cambios dentro del videojuego, además de tener un resultado medible de la experiencia y los objetivos formativos.

Para una consulta más detallada sobre los resultados obtenidos se adjunta el documento “Anexo_4_Encuesta_SalvaLaConstrucción”, en la carpeta anexos.

7. Conclusiones

El objetivo principal de este proyecto era desarrollar una propuesta dentro del género de los *serious games* que abarcara la formación de los trabajadores de la construcción sobre los riesgos laborales. Este objetivo se ha cumplido, ya que la premisa inicial era únicamente abarcar el marco formativo sobre la prevención de los riesgos laborales.

Con etapas de desarrollo futuras, la implementación de mecánicas nuevas y sistemas diferentes, la variedad de acciones por parte del jugador sería superior, a la par de convertirse en una experiencia mucho más divertida. Sin embargo, el principal foco que era trasladar los principales riesgos laborales en la formación en prevención de riesgos dentro de un videojuego en realidad virtual se ha cumplido con satisfacción.

En cuanto a los objetivos secundarios destacar el cumplimiento del primer punto, por el cual se extrae toda la legislación pertinente del sector de la construcción, con el apoyo de los datos estadísticos de la accidentabilidad.

Gracias a estos aspectos teóricos el diseño de la experiencia (otro objetivo secundario cumplimentado) se realiza de una forma totalmente acorde con la realidad y la legalidad, centrándose en los accidentes y legislación más importantes que se resuelven mediante las medidas preventivas descritas en el sistema de diálogo.

La implementación dentro del motor de videojuegos Unreal Engine 4, se presentó como uno de los objetivos más desafiantes dentro del proyecto. Las fases iterativas de implementación arrojaban cada vez nuevos retos y dificultades, que retrasaban la implementación de las mecánicas base de la experiencia, a la vez que no dejaban desarrollar nuevas.

Aún con todo esto la implementación de nivel de juego, los sistemas de realidad virtual y el sistema de diálogo permitieron que la experiencia se implementara con éxito, cumpliendo así otro de los objetivos secundarios.

Finalmente, la comprobación de la propuesta se realizó únicamente con algunas personas del sector de la construcción y cercanos. Pero, gracias a un diseño metodológico adecuado a los criterios de los *serious games* la experiencia se podía medir mediante el cumplimiento o no de los objetivos formativos.

Además, cabe destacar la inclusión de una encuesta que se proporcionó a los usuarios finales, donde podría contestar sobre los aspectos generales de la propuesta, el carácter formativo de esta y en conclusión si les pareció una experiencia útil y formativa.

Estas encuestas arrojaron unos resultados positivos, destacado primeramente la gran impresión de la tecnología de realidad virtual y la representación realista de una construcción. Además, mediante el sistema de dialogo y las opciones dentro de este por parte de los jugadores quedaba del todo claro los riesgos laborales representados.

En contraposición a las virtudes descritas por los jugadores, en las encuestas se arrojaron resultados que requerirían de futuros cambios como por ejemplo una mejor guía y desplazamiento por el nivel, una mejor explicación sobre los elementos de protección individual, colectiva y las medidas preventivas.

Por lo que en conclusión se han logrado realizar todos los objetivos marcados al inicio del proyecto. Los resultados finales son positivos y marcan una visión diferente a la formación tradicional en España. Algo bastante necesario debido a los datos obtenidos referentes a la accidentabilidad en el sector.

En cuanto a la proyección final que se le dota al prototipo de salva la construcción destacar la importancia de haber conseguido una base sólida para en un futuro desarrollar mejoras y nuevos sistemas, para así abarcar una proyección formativa mucho mayor o incluso en diferentes profesiones dentro del sector. Todo esto con el reto añadido de realizar una experiencia suficientemente completa para sustituir por completo a una formación tradicional.

8. Referencias y bibliografía

- Brands, E. C. (2018, mayo 21). *Estas gafas de realidad virtual te permiten ver dentro de los cuadros de Van Gogh*. El confidencial. Recuperado 22 de febrero de 2022. Recuperado de https://www.elconfidencial.com/cultura/2018-05-21/endesa-museo-thyssen-realidad-virtual-bra_1565388/
- Checa, D., Miguel-Alonso, I. & Bustillo, A. (2021) Immersive virtual-reality computer-assembly serious game to enhance autonomous learning). Recuperado el 18 de Mayo de 2022 de <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00607-1>
- Cullen, E. T. (2008). *Safety Training: Tell Me a Story*. Elcosh. Recuperado el 12 de enero de 2022 de <https://www.elcosh.org/document/4142/d001447/Safety+Training%253A+Tell+Me+a+Story.html>
- Dutton, J. (s. f.). *Common Mechanics Used in VR Development*. Recuperado el 28 de abril de 2022 de <https://www.e-education.psu.edu/geogvr/node/936>
- De empleo y seguridad social, M. (2010). *ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE LOS ACCIDENTES DE TRABAJO MORTALES EN ESPAÑA*. Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/96082/An%C3%A1lisis+de+la+mortalidad+por+accidente+de+trabajo+en+Espa%C3%B1a+2010.pdf/4a5f92a6-6324-42d7-9fb8-244fccb43678?t=1560049206794>
- Dekogon Studios (2018). Construction site VOL. 1 – Supply and material props (PC) [Package]. <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/construction-site-vol-1-supply-and-material-props>
- Dekogon Studios (2018). Construction site VOL. 2 – Tools, parts and Machine props (PC) [Package]. <https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/construction-site-vol-2-tools-parts-and-machine-props>

De trabajo y economía social, M. (2020). *ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES DE TRABAJO: Avance enero – diciembre 2020*. Recuperado de

https://www.mites.gob.es/estadisticas/eat/eat20_12/ATR_12_2020_Resumen.pdf

De trabajo y economía social, M. (2021). *ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES DE TRABAJO: Avance enero – diciembre 2021*. Recuperado de

https://www.mites.gob.es/estadisticas/eat/eat21_12/ATR_12_2021_Resumen.pdf

Fernández, M. (2021, octubre 31). *Cuando la muerte espera a pie de obra*. *El País*. Recuperado el 15 de febrero de 2022. Recuperado de

<https://elpais.com/economia/negocios/2021-10-31/cuando-la-muerte-espera-a-pie-de-obra.html>

Gómez, I. M. L. (2019). *CATALOGO DE SEÑALES. Señales de Advertencia. Señales de. Señales de Sustancias Peligrosas. Obligación. Señales de. Señales Informativas*. Recuperado el 3 de marzo de 2022 de

<https://docplayer.es/91666927-Catalogo-de-senales-senales-de-advertencia-senales-de-senales-de-sustancias-peligrosas-obligacion-senales-de-senales-informativas.html>

Herreruela, F., Lorenzo, G., Lorenzo J., Longobardo, N., Ruiz, S. (2015). *Manual de seguridad y salud en las obras de construcción. Funciones de nivel básico (2a ed.)*. Madrid: Tornapunta Ediciones.

Hernández, D. (s. f.). *Guía para la prevención de riesgos laborales*. Recuperado el 21 de mayo de 2022 de

<http://portal.ugt.org/saludlaboral/publicaciones/cuader-guias/1999-03c.pdf>

Isastur. (2010). *Evaluación de Riesgos: Obras. Construcción y Obra Civil*. Manual Seguridad ISASTUR. Recuperado el 21 de mayo de 2002 de

https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/4/4_2_1_21.htm

Isastur. (2010). *Evaluación de Riesgos: Obras. Construcción y Obra Civil. Manual Seguridad ISASTUR*. Recuperado el 21 de mayo de 2002 de

https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/4/4_2_1_22.htm

Isastur. (2010). *Evaluación de Riesgos: Obras. Construcción y Obra Civil. Manual Seguridad ISASTUR*. Recuperado el 21 de mayo de 2002 de

https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/4/4_2_2_10.htm

Isastur. (2010). *Evaluación de Riesgos: Obras. Construcción y Obra Civil. Manual Seguridad ISASTUR*. Recuperado el 22 de mayo de 2002 de

https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/4/4_2_1_14.htm

Isastur. (2010). *Evaluación de Riesgos: Obras. Construcción y Obra Civil. Manual Seguridad ISASTUR*. Recuperado el 22 de mayo de 2002 de

https://www.isastur.com/external/seguridad/data/es/4/4_2_1_9.htm

Instituto Nacional de Seguridad, Salud y Bienestar en el Trabajo (INSSBT).

(2018). *Seguridad en trabajos verticales (I): riesgos y medidas preventivas*.

Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/382595/ntp-1108w.pdf/8e9a0b3f-0fe0-448c-b157-039a17801e44>

Instituto valenciano de seguridad y salud en el trabajo. (2014). *Fichas informativas de riesgos y salud en el trabajo*. Recuperado el 21 de mayo de 2022 de

<https://invassat.gva.es/documents/161660384/161741751/07.+S70.+Choques+contra+objetos+inm%C3%B3viles.+S80.+Choques+contra+objetos+m%C3%B3viles./bfe6dcda-43c8-45aa-acbd-408667099c4c>

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de *prevención de riesgos laborales*. Boletín Oficial del Estado, 269, sec I, de 11 de noviembre de 1995, 32590 a 32611.

Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292&p=20141229&tn=1>

Ley 32/2006, de 18 de octubre, *reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción*. Boletín Oficial del Estado, 250, sec 1, de 19 de octubre de

- 2006, 36317 a 36323. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-18205>
- MAZ. (2002). *Normas básicas de seguridad y salud en el sector de la construcción*. Recuperado el 11 de febrero de 2022.
- Muprespa, F. (2001). *Seguridad y salud en mi trabajo*. Recuperado el 22 de mayo de 2022 de https://issuu.com/icaselcanarias/docs/p52pr-man-9-0-grandes_superficies
- Ministerio de trabajo e inmigración. (1997). *Señalización de seguridad y salud en el trabajo*. Recuperado de <https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+sobre+se%C3%B1alizaci%C3%B3n+de+seguridad+y+salud+en+el+trabajo/973e7bd4-65de-4c46-8d6e-c181ffedb80a>
- Prieto, R. Medina, N. (2015). *VIDEOJUEGOS SERIOS: MAPEO SISTEMÁTICO Y TAXONOMÍAS PARA SU CLASIFICACIÓN* (Trabajo final de grado, Universidad de Granada). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/303924118_GAME_SYSTEMATIC_MAPPING_AND_TAXONOMIES_FOR_CLASIFICATION
- Paul Milgram, Harou Takemura, Akira Utsumi, Fumio Kishino. (1994). Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 12. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/228537162_Augmented_reality_A_class_of_displays_on_the_reality-virtuality_continuum
- Revilla, J. (2017, febrero 8). *Artículo técnico PRL: Formación que deben tener los trabajadores del sector de la construcción para entrar en obra*. ADEGI. Recuperado el 1 de enero de 2022 de <https://www.adegi.es/adegi/articulo-tecnico-prl-formacion-deben-tener-trabajadores-sector-construccion-entrar-obra-201702/>

Real decreto Ley 1627/1997, de 24 de octubre, de *por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.*

Boletín Oficial del estado, 256, sec 1, de 25 de octubre de 1997, 30875 a 30886. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-22614&p=20100323&tn=1>

Resolución de 8 de noviembre de 2013, de la *Dirección General de Empleo, por la que se registra y publica el Acta de los acuerdos sobre el procedimiento para la homologación de actividades formativas en materia de prevención de riesgos laborales, así como sobre el Reglamento de condiciones para el mantenimiento de la homologación de actividades formativas en materia de prevención de riesgos laborales de acuerdo con lo establecido en el V Convenio colectivo del sector de la construcción.* Boletín Oficial del Estado, sec 1, de 22 de noviembre de 2013, 93287 a 93299. Recuperado de https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2013-12309

Real decreto 171/2004, de 30 de enero, *por el que se desarrolla el artículo 24 de la ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.* Boletín Oficial del Estado, 27, sec 1, de 31 de enero de 2004, 4160 a 4165. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2004-1848>

Resolución de 21 de septiembre de 2017, de la *Dirección general de empleo, por la que se registra y publica el Convenio colectivo general del sector de la construcción.* Boletín Oficial del Estado, 232, sec 3, de 26 de septiembre de 2017, 94090 a 94253. Recuperado de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2017-10951>

Rescalvo, S. (s. f.). *NORMAS BÁSICAS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LA CONSTRUCCIÓN.* Recuperado el 11 de febrero de 2022 de <https://www.denia.es/adjuntos/empleo/34267de.pdf>

Loomis, R. (1958). *The history of the building of the golden gate bridge* (Tesis doctoral, Stanford University). Recuperado de https://www.goldengate.org/assets/1/6/loomis_dissertation_1958.pdf

Sánchez, M. (2017). *Buenas Prácticas en la Creación de Serious Games (Objetos de Aprendizaje Reutilizables)* (Tesis doctoral, Universidad de Málaga).

Recuperado de <http://ceur-ws.org/Vol-318/Sanchez.pdf>

SilverTM (2019). Construction Site (PC) [*Package*]. SilverTM.

<https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/construction-site-01>

SQLearn. (s. f.). *Playing Serious Games with Virtual Reality*. Recuperado el 13 de abril de 2022 de [https://www.sqllearn.com/playing-serious-games-with-](https://www.sqllearn.com/playing-serious-games-with-virtual-reality/)

[virtual-reality/](https://www.sqllearn.com/playing-serious-games-with-virtual-reality/)

Tiilikainen, O. (2021). *The Pros & Cons of Virtual Reality in L&D*. Recuperado el 3 de mayo de 2022 de [https://www.valamis.com/blog/pros-and-cons-of-](https://www.valamis.com/blog/pros-and-cons-of-virtual-reality)

[virtual-reality](https://www.valamis.com/blog/pros-and-cons-of-virtual-reality)

UmutFaruk (2022). VR Dialog System (PC) [*Package*]. UmutFaruk.

<https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/profile/UmutFaruk?count=20&sortBy=effectiveDate&sortDir=DESC&start=0>

9. Anexos

En el siguiente apartado se introducirán documentos y propuestas anexadas cuya referencia queda plasmada a lo largo de todo el proceso de confección de este proyecto.

9.1 Propuestas iniciales

Realizando un paralelismo con las fases del proceso de metodología anteriormente descrito a continuación se anexan las propuestas iniciales de la conceptualización y diseño del videojuego.

9.1.1 La atracción de los accidentes laborales.

En esta propuesta como si de un parque de atracciones se tratara el jugador, montado en un vehículo, desde una posición fija, podría ir paseando por una zona de construcción. Podría visitar diferentes zonas donde se mostrarían mediante animaciones los principales accidentes laborales en una construcción, tales como: atrapamientos, electrocuciones, caídas, etc.

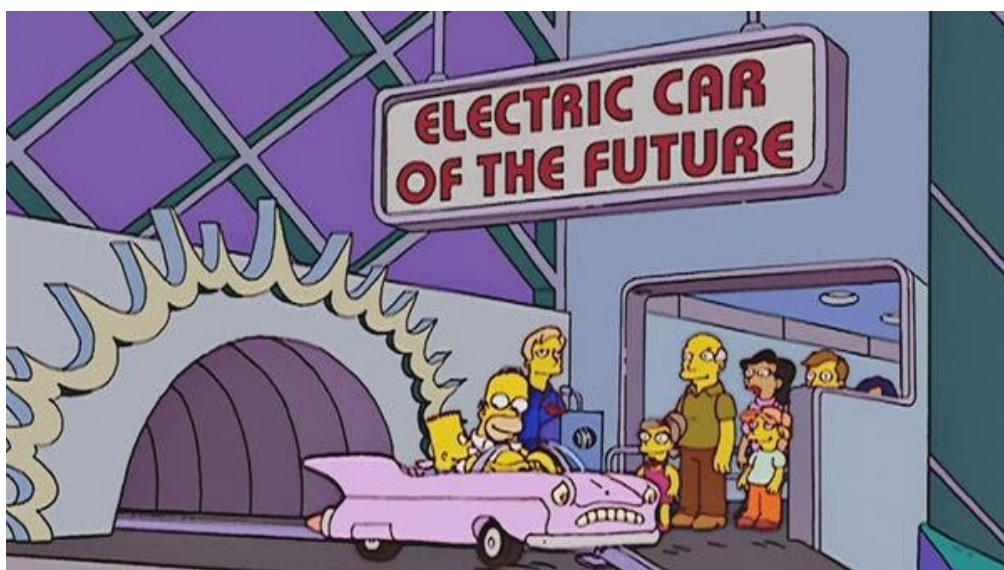


Figura 9.1. Imagen de los Simpsons que ejemplifica la experiencia. Fuente: Los Simpsons, 1999.

Pero rápidamente fue descartada debido al poco recorrido e interacción de la experiencia. También descartar la poca interactividad de la experiencia, que se limitaría únicamente a observar, por lo que se desaprovechaba totalmente la idea de hacer un videojuego y se mostraba como algo más teórico y simple.

9.1.2 Trabajos en altura

En este caso gracias a la percepción de vértigo que se consigue con unas gafas de realidad virtual se propuso una experiencia en la que el jugador debiera atravesar una zona elevada para conseguir un objetivo realizar una tarea de mantenimiento. Esta zona elevada le supondría una serie de retos, además de tener una limitación de tiempo para que le supusiera un reto más difícil al jugador.

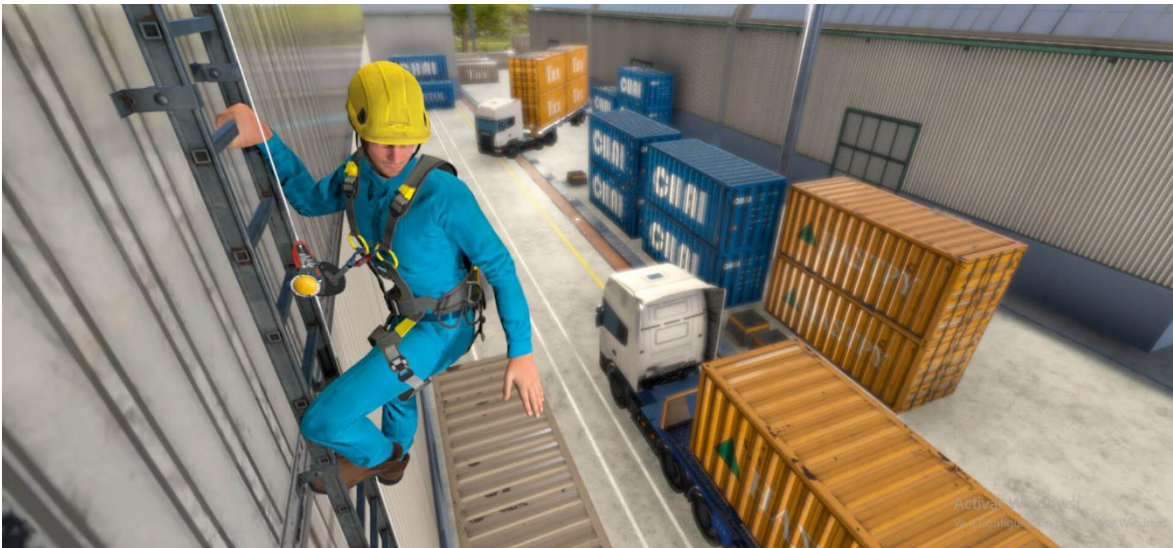


Figura 9.2. Trabajos en altura. Fuente: LudusGlobal.

El objetivo formativo estaba mejor definido que en la anterior propuesta, es decir, el uso de los elementos de protección individual para la realización de trabajos en altura, pero la propuesta carecía de profundidad y enfoque narrativo. También debía tener en cuenta que como norma general los trabajadores casi siempre utilizan los arneses y líneas de vida, por lo que los accidentes ocurrían cuando para llegar a un punto poco accesible o más distante de lo que la línea de vida permite, los trabajadores se quitaban la sujeción unos instantes para poder alcanzar el punto de trabajo adecuado, por lo que en ese momento era cuando se producía el accidente.

Esta problemática no se consiguió trasladar a la idea de juego y finalmente se descartó la propuesta.

9.2 Propuestas intermedias

Segunda fase del proceso iterativo donde las propuestas ganaban en cuanto a la claridad de las mecánicas aplicables y la concreción general sobre los aspectos a tratar.

9.2.1 Salvar al trabajador Ryan – Gincana mortal

En este caso se fusionaron 2 ideas, primeramente, se propuso que el jugador debía realizar una ruta de acceso a la construcción plagada de peligros, riesgos y potenciales accidentes para finalmente llegar al punto objetivo.

Seguidamente se aprovechó la idea de María y Felipe de salvar al trabajador Ryan, que tenía como principal premisa salvar a un trabajador accidentado en un punto de la obra, en X tiempo, pudiendo ayudar o no a otros trabajadores que sufrían accidentes por el camino. Esto provocaba que el jugador perdiese tiempo ayudando a sus compañeros, pero también ganándolo como recompensas para así llegar al objetivo a tiempo.



Figura 9.3. Salvar al trabajador Ryan. María Jesús Bopp y Felipe Muñoz. 2021

Debido a la poca disposición realista en la que un trabajador como si de un superhéroe se tratase ayudando a todos los compañeros accidentados se descartó la propuesta. También fue relevante el punto de inflexión por el cual no quedaba del todo claro si el jugador sería capaz de comprender las medidas preventivas que se aplican en los accidentes que iría viendo por el camino hasta llegar al trabajador Ryan, teniendo como único objetivo principal llegar al objetivo y descartar los otros escenarios.

Las mecánicas presentes en esta propuesta tampoco estaban del todo claras. ¿Qué acciones realizaría el jugador? ¿Ayudar a sus compañeros mediante que opciones y dinámicas?

9.2.2 La ruleta de los riesgos laborales

El jugador iniciaba el juego en una aburrida clase sobre formación en riesgos laborales. Pasado unos minutos se debía levantar de su silla e interactuar con una pizarra en la que se mostraban 3 pantallas que accedían a 3 niveles distintos detallados a continuación.

- Pantalla 1: Nivel inicial que sirve al jugador para habituarse a los controles y realizar una pequeña introducción formativa sobre EPIs. El jugador sería capaz de vestirse con los elementos de protección oportunos en cada caso.
- Pantalla 2: Nivel secundario en el que el jugador sería capaz de tomar los mandos de una grúa para realizar cargas y descargas simples.
- Modo libre: El jugador podría moverse libremente por una construcción y acceder a la ruleta de los riesgos laborales. Esta ruleta podía girarse para activar un *sequence* de un grupo de trabajadores que estarían a la merced de los peligros resultantes de la activación de esta ruleta.

En esta ocasión aun partiendo de una propuesta con unas mecánicas algo más claras la introducción de los objetivos formativos no quedaba clara. Todas las propuestas anteriores se tenían unas características diferentes a las otras, pero una misma problemática: ¿Como es capaz el jugador que mediante las acciones que realiza (mecánicas) comprenda que son los objetivos de prevención en riesgos laborales?

9.3 Propuestas finales

Concluyendo con el proceso iterativo se anexarán en el proyecto los dos *game proposal* finales.

También quedarán anexados dentro de la carpeta del proyecto el ejecutable para reproducir el juego mediante sistema oculus, el proyecto en Unreal Engine 4, versión 4.27 y el video demostrativo.

9.3.1 *Game proposal* Desayuna como puedas

El documento se adjunta debido a su extensión con el nombre de “Anexo_1_DesayunaComoPuedasV1_GameProposal”, en la carpeta anexos.

9.3.2 *Game proposal* Salva la construcción

El documento se adjunta debido a su extensión con el nombre de “Anexo_2_SalvaLaConstrucción_GameProposal”, en la carpeta anexos.

9.4 Tabla de riesgos laborales

El documento se adjunta debido a su extensión con el nombre de “Anexo_3_TablaDeRiesgosLaborales”, en la carpeta anexos.

9.5 Encuesta de validación

El documento se adjunta debido a su extensión con el nombre de “Anexo_4_EncuestaSalvaLaConstrucción”, en la carpeta anexos.