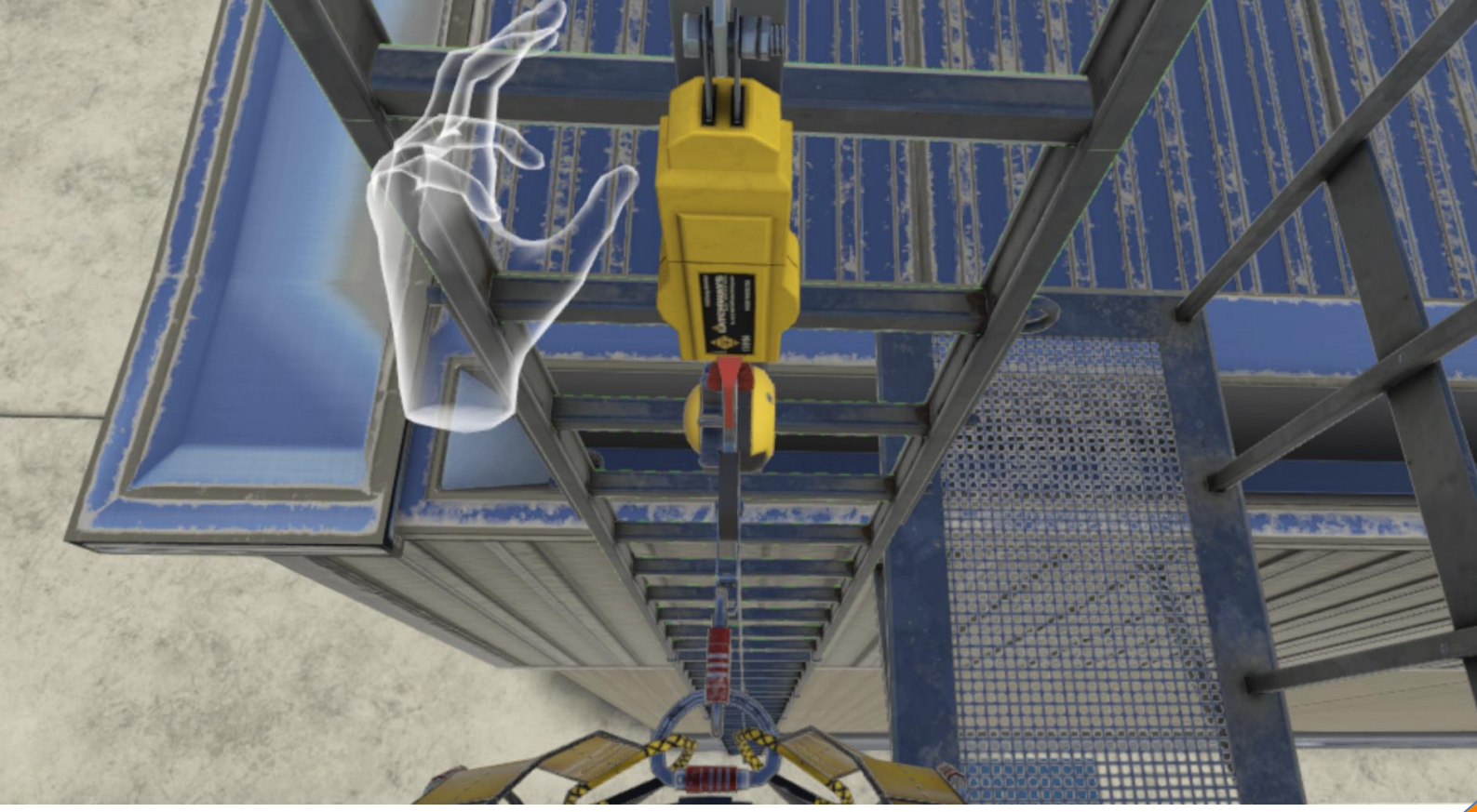


Memoria de Justificación de

Herramienta de Realidad Virtual Aplicada a la formación en prevención de caídas en altura a distinto nivel

LUDUS Tech SL

ÍNDICE

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN COMISIONADA 3
2. SINOPSIS 3
3. METODOLOGÍA 5
3.1. Hardware necesario: 5
3.2. Módulos: 6
3.3. Escenarios de simulación: 8
3.4. Ejercicios: 9
4. RESULTADOS 14
4.1. Evento 14
4.2. Estudio 15
5. UTILIDAD PRÁCTICA DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES 18
6. CONCLUSIONES FINALES Y POSIBLES RECOMENDACIONES 19

1. DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN COMISIONADA

- Título: Memoria de Justificación de Herramienta de Realidad Virtual Aplicada a la formación en prevención de caídas en altura a distinto nivel
- Investigadores principales: Jon Iñaki Martinez (dirección del proyecto)
- Equipo de investigación: Mikel Cearsolo (dirección del proyecto), Mikel Calvo Alonso (área de diseño VR), Jesús Alejandro Alonso (área de arte), Jon Lopez de Guereña, Andoni Cortés, Pablo Martínez (área de programación) y Marc Bellés (estudio)
- Entidad adjudicataria de la ayuda: LUDUS Tech SL (Antigua Pulsar Concept SL)
- Fechas de realización: desde el 22 de noviembre de 2016 hasta el 15 de diciembre de 2017

2. SINOPSIS

Esta justificación, es la justificación del proyecto financiado por OSALAN, bajo la resolución del 22 de noviembre de 2016, por la que la Directora General de OSALAN, Instituto Vasco de seguridad y salud laborales, concedió a LUDUS Tech SL (Antigua Pulsar Concept SL) la ayuda de 80.000€ para la realización de un proyecto de investigación en el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo.

Bajo ese marco de actuación LUDUS presenta su "**Herramienta de Realidad Virtual Aplicada a la formación en prevención de caídas en altura a distinto nivel"** que recrea un escenario de entrenamiento en Realidad Virtual, para trabajadoras que deben realizar su trabajo en alturas, entrenando diferentes ejercicios tanto prácticos como guiados, con el fin de que las trabajadoras adquieran los conocimientos básicos y se conciencien de los riesgos que conlleva el trabajar en alturas.

El objetivo del simulador es que el usuario realice las labores que se le piden de una forma segura y evitando riesgos. La simulación sirve tanto para explicar el uso y medidas de seguridad como para poner a prueba al usuario en relación a los conocimientos aprendidos.

Para este trabajo se ha contado con la colaboración y asesoramiento de Asaken, centro especialista en formaciones y trabajos en altura. Ellos han sido en todo momento los que nos han abastecido de toda la información sobre protocolos a replicar, los que han ido probando cada ejercicio y han

validado el simulador. Por otro lado, ellos fueron los que nos aconsejaron realizar los escenarios simulados, teniendo en cuenta la necesidad del mercado de trabajos en altura.

Por otro lado, junto a la realización del simulador, en el proyecto que se presentó a Osalan, desde LUDUS, propusimos la realización de un estudio, donde se pusiera a prueba a validez de la Realidad Virtual.

En el apartado de “Estudio” de esta justificación se presentarán los resultados obtenidos en este estudió. Así como las conclusiones obtenidas por parte de diferentes actores, que también estuvieron presentes en el evento donde se realizó dicho estudio.

3. METODOLOGÍA

Simulador “FallPro”

En este apartado se explican los diferentes ejercicios que tiene el simulador, así como el hardware necesario para llevar a cabo la simulación.

Antes de nada es necesario aclarar que a partir de este momento, el simulador de entrenamiento en trabajos en altura se denominará “FallPro”, debido a su abreviatura del nombre en inglés Fall Protection. Y que la Realidad Virtual será denominada como VR.

3.1. **Hardware necesario:**

FallPro, se basa en la tecnología de alta gama de la Realidad Virtual, para la recreación de los escenarios y los protocolos de actuación que la usuaria deberá llevar a cabo.

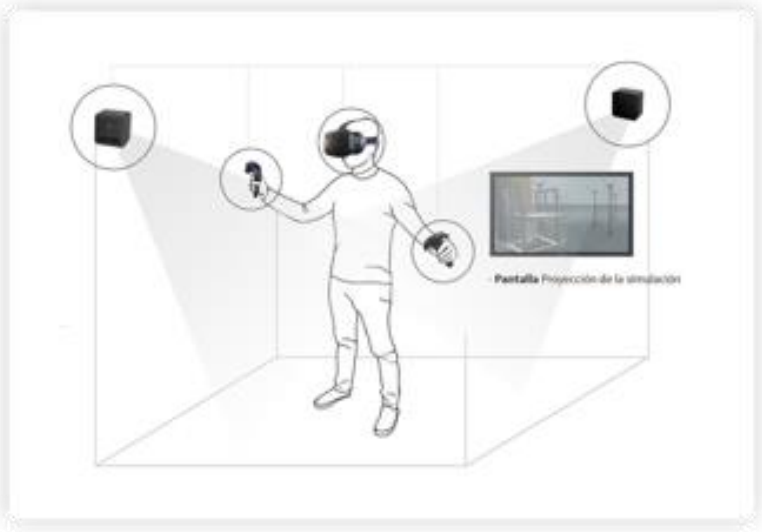


Imagen 1: Aula virtual

Para el correcto uso de la tecnología de RV de alta gama, es necesario la instalación de una aula virtual que cómo mínimo tenga un espacio de 4x4 metros, para permitir la completa movilidad e interacción con el entorno virtual.

Dicha aula está compuesta por los siguientes componentes:

- 2 sensores de captación de movimiento.
- 2 ordenadores de altas prestaciones[1].
- Unas gafas de Alta gama de VR[2].

[1] Un ordenador es para que la usuaria pueda ejecutar la simulación. Mientras que el otro ordenador está destinado a que un supervisor pueda visualizar a tiempo real lo que la usuaria está haciendo.

- 2 controladores de mano que permiten la interacción con el entorno simulado.

3.2. **Módulos:**

El simulador está compuesto por tres módulos. Dos hacen referencia a los dos roles existentes en la simulación: Rol Supervisor, y Rol Usuario, y el tercero a las estadísticas que se muestran una vez finalizado el ejercicio realizado.

Rol Usuario: El usuario es la persona que se pone las gafas, y ejecuta todos los ejercicios que se le proyectan en las gafas de VR. Interactúa en la simulación con todos los objetos que existen en ella, y el simulador está específicamente pensado para que ella interiorice todos los protocolos y los riesgos que conllevan los trabajos en altura.



Imagen 2 Interface para elección de rol

Rol Supervisor: El supervisor o supervisora es aquella figura que mediante otro ordenador, visualiza todo lo que la usuaria está realizando y puede interactuar con la simulación a tiempo real. El ordenador del supervisor puede estar tanto al alado, como a cientos de kilómetros del usuario.

Para una correcta visualización de lo que la usuaria está realizando, el supervisor tiene 5 cámaras fijas diferentes que le permiten visualizar todo el perímetro de la simulación desde 5 ángulos diferentes. Por otro lado, el supervisor tiene además 3 vistas adicionales: La vista cenital, desde el cual observa toda la simulación desde arriba. La vista player, desde el cual observa lo mismo que lo que el usuario está viendo. Y finalmente, la vista libre, que le permite mover la cámara para ver lo que quiera con absoluta libertad.

El supervisor, a parte de visualizar la ejecución de la usuaria, puede también señalar diferentes objetos en tiempo real, en la simulación,

[2] LUDUS ha diseñado su simulador, para que este sea compatible con todos los tipos de hardware de RV de alta gama que existen en el mercado, pero debido a las prestaciones que ofrecen las diferentes marcas, LUDUS recomienda la utilización del kit de RV ofrecido por HTC VIVE. Estas gafas, a día de hoy, son las que mayor fiabilidad y mejor trackeo de movimientos ofrecen.

para así poder guiar y ayudar a la usuaria. Los aspectos que pueden ser señalados por el supervisor son:

- Diferentes EPIs.
- Escalera
- Puntos de anclaje
- Líneas de Vida en Cumbrera
- Lucernarios
- Cables de Vida: Horizontales y verticales.

Por otro lado, el supervisor también puede realizar diferentes acciones como reproducir el último audio que se le ha dado a la usuaria, o provocar caídas en las escaleras, cubiertas y lucernarios para que la usuaria se de cuenta de que está mal atada, y lo que esto conllevaría.

Estadísticas: Al finalizar cada ejercicio, el simulador genera estadísticas en función del tipo de ejercicio que se haya realizado. Estas estadísticas están visibles tanto para el usuario como para el supervisor.



Imagen 3: Interface de estadísticas de ejercicio práctico

Las estadísticas de los ejercicios guiados muestran los siguientes datos por cada alumno que haya realizado la formación:

- Listado de ejercicios que ha realizado.
- Tiempo que ha tardado en realizar cada ejercicio.
- Horas totales de simulación.

Las estadísticas de los ejercicios prácticos muestran los siguientes datos porcada alumno que haya realizado la formación:

- Ejercicios que ha realizado.
- Número de errores cometidos en cada ejercicio.
- Ejercicios aprobados y por aprobar.
- Alumno apto o no apto.
- Horas totales de simulación.

3.3. **Escenarios de simulación:**

La simulación cuenta con tres escenarios diferentes. El primer escenario es donde la usuaria realiza todos los ejercicios dispuestos en la simulación. El segundo y el tercero, son escenarios donde la usuaria puede realizar paseos virtuales para concienciarse, y experimente la sensación de trabajos en altura.

Pabellón:
En este escenario es donde las usuarias deberán de realizar todos los ejercicios que hay programados en la simulación. Los ejercicios se realizan tanto a pie del pabellón, es decir a nivel de suelo, como en la cubierta de esta. De un nivel a otro se pasa mediante el uso de una escalera.

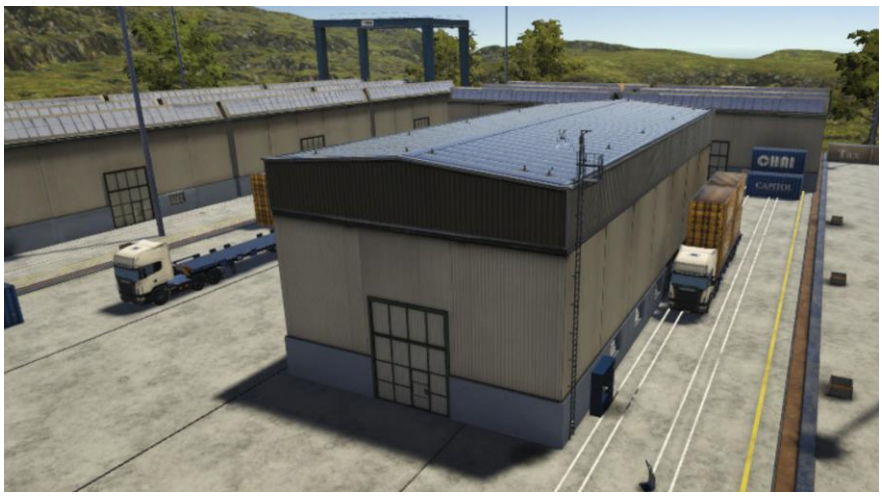


Imagen 4: Pabellón

En la cubierta del almacén, a parte de las líneas de vida horizontales y líneas de vida de cumbrera, también se simulan lucernarios por las que la usuaria puede caerse en caso de no estar bien amarrada.

Grúa Puente:
Este escenario muestra una grua puente que se encuentra dentro de un almacén. En esta grúa, se puede realizar un paseo virtual, en donde se ven todos los puntos de anclaje, para que la usuaria sea consciente de lo que supone realizar un atrabajo a esa altura.

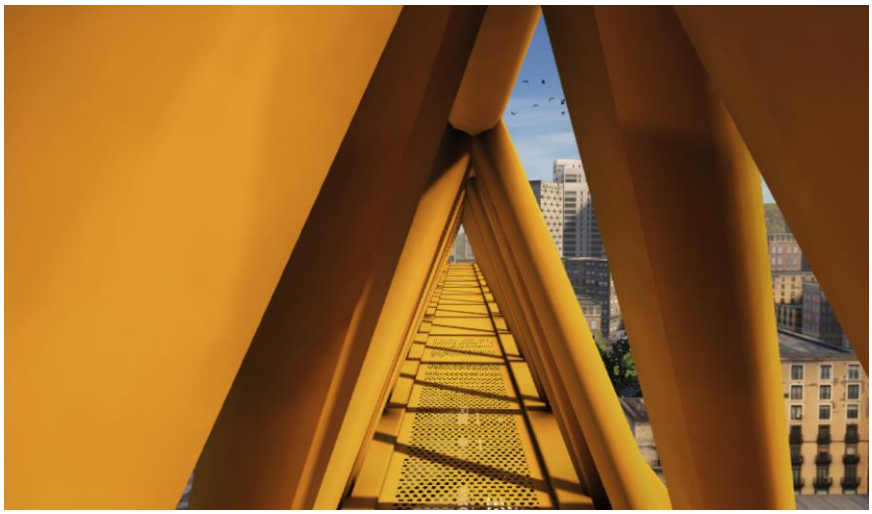


Imagen 5: Grúa puente

Grúa Pluma: Este escenario recrea una grua pluma que está situada en medio de una ciudad, a 50 metros de altura del suelo.

En este escenario se realiza un paseo virtual con el objetivo de que la usuaria tenga la sensación de estar trabajando a esa altura, y se conciencie de los peligros que acarrea el trabajar a tanta altura.



Imagen 6: Paseo Virtual Grúa Pluma

3.4. **Ejercicios:**

La simulación se compone de 8 ejercicios diferentes. Los cuales van ascendiendo en el nivel de complejidad, de forma que la usuaria vaya adquiriendo cada vez mayores conocimientos sobre el protocolo de trabajos en altura.

Todos los ejercicios tiene como objetivo el

Los ejercicios pueden ser de dos tipos diferentes:

- Ejercicios guiados.
- Ejercicios prácticos.

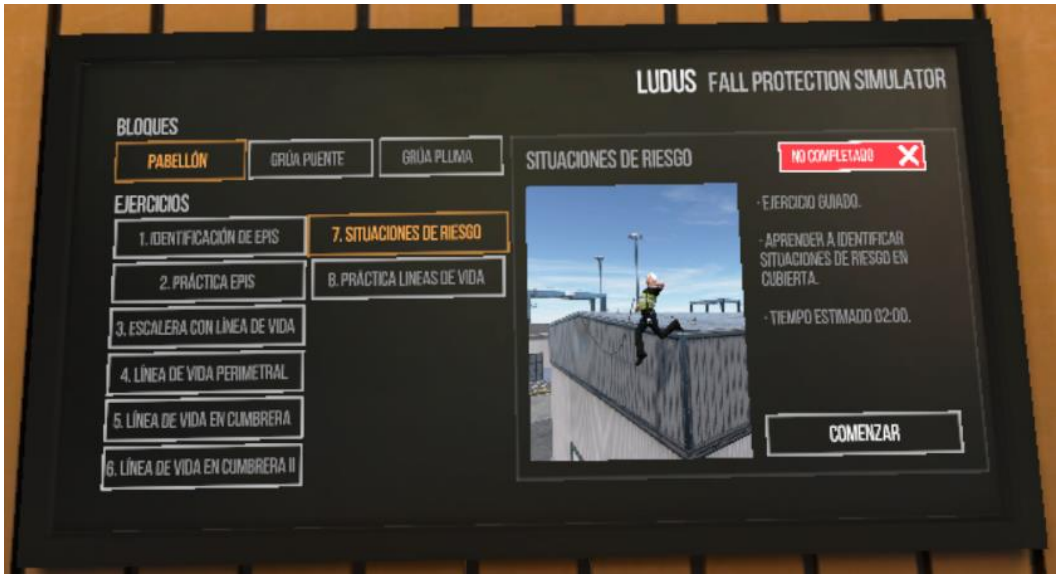


Imagen 7: Interface para elección de ejercicios

Ejercicios guiados:

Los ejercicios guiados tienen el objetivo de transmitir a los alumnos todo el contenido didáctico, pudiendo ser de dos maneras:

- **Guiados por la simulación**. El alumno aprende de forma autónoma. La simulación va guiando a la usuaria durante el ejercicio para explicarle lo que tiene que hacer paso a paso. Expone la teoría e indica como utilizar correctamente las herramientas y EPIs para no correr riesgos.

- **Guiados por supervisor**. El ejercicio no tiene explicaciones. Una persona formadora (Supervisor) tiene la libertad para explicarle a viva voz y señalar partes del escenario si fuera necesario, con el objetivo de guiarle para completar el ejercicio. Puede mostrarle determinadas explicaciones y animaciones adicionales.

Listado de ejercicios guiados:

- 1. Identificación de EPIs:

  La simulación muestra qué EPI debe usarse en cada caso y los criterios en los que se debe basar la trabajadora a la hora de selección EPIs.

3. Escalera con línea de vida:

La simulación explica los EPIS que hay que elegir y los pasos que hay que realizar para ascender por una escalera con línea de vida vertical de cable y punto de anclaje fijo.

4. Línea de vida perimetral:

La simulación explica los EPIS que hay que elegir y los pasos que hay que realizar para usar una línea de vida perimetral horizontal instalada en cumbrera.



Imagen 7: Captura de ejercicio 4

5. Línea de vida en cumbrera:

La simulación explica los EPIS que hay que elegir y los pasos que hay que realizar para usar una Línea de vida horizontal instalada en cumbrera con anti balanceo.

6. Línea de vida en cumbrera II:

La simulación explica los EPIS que hay que elegir y los pasos que hay que realizar para usar una línea de vida horizontal de cable sobre cubierta instalada perimetralmente.

7. Situaciones de riesgo:

La simulación explica y muestra los diferentes riesgos asociados a los trabajos en altura.

Ejercicios prácticos

Los ejercicios prácticos están orientados para poner a prueba los conocimientos que la usuaria ha adquirido. Realizando un ejercicio de forma no guiada y en el que pueden ocurrir una serie de imprevistos.

La simulación evalúa automáticamente la toma de decisiones y errores cometidos. Al mismo tiempo, un supervisor puede observar y mostrar al resto del aula lo que está realizando el alumno.

Un alumno realiza un ejercicio y es evaluado por el sistema. Un supervisor puede guiarle para indicarle donde están algunos elementos o darle alguna explicación adicional sobre lo que debería hacer a continuación.

Listado de ejercicios práctico:

- 2. Selección y revisión de EPIs.

  La usuaria debe realizar la correcta elección de los EPIs siguiendo el protocolo establecido de revisión de todas los EPIs, revisando que la certificación y el estado de cada EPI sea correcta.

  Los EPIS que se muestran son los siguientes:

  - Arnés Anti caídas
  - Arnés RPD.
  - Casco con Barbuquejo
  - Carros de líneas de vida (transfastener y LadderLatch)
  - Mosquetones
  - Cabos de Anclaje
  - Grillón.

- 8. Práctica de líneas de vida

- Protocolo de seguridad completo para la utilización de líneas de vida verticales y horizontales.

  En este ejercicio la usuaria deberá de poner en práctica todo lo aprendido en los 6 ejercicios guiados sin ningún tipo de ayuda.

Deberá realizar la inspección completa de los EPIs, asegurándose que se encuentran en las condiciones debidas, y elegir el más conveniente. Por otro lado, deberá subir correctamente anclada por la escalera, y una vez arriba, en la cubierta, deberá realizar el cambio de anclaje, y pasar a la cubierta. En la cubierta deberá caminar por el perímetro como por el centro de la cubierta, teniendo en cuenta las diferentes líneas de vida que en ella existen, así como vigilando los lucernarios y las chapas.

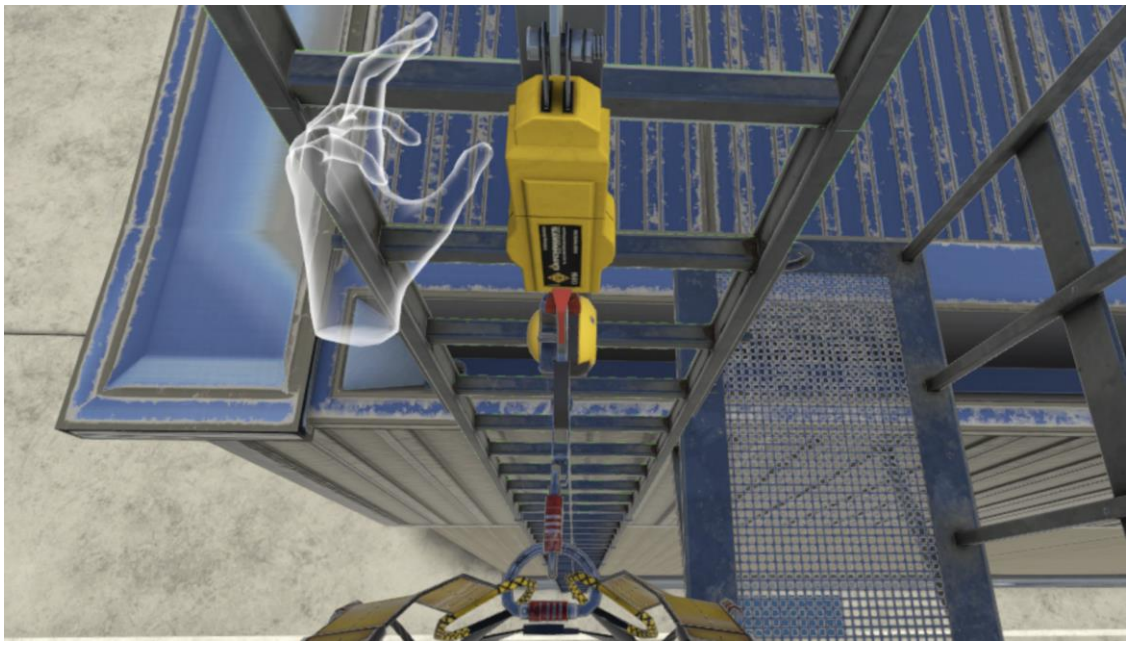


Imagen 8: Captura ejercicio 9

En los ejercicios prácticos, el escenario puede ser configurado por el Supervisor, antes de realizar la simulación. Así, el supervisor en el mismo ejercicio puede establecer diferentes escenarios. El supervisor puede modificar los siguientes elementos:

- Accidentes con imprevistos: Lucernarios y chapas.
- Tipo de línea de vida horizontal (perimetral/cumbrera).
- EPIs que aparecen (correctos e incorrectos).

Por otro lado, en los ejercicios prácticos, el supervisor tiene la opción de provocar caídas en la escalera, la cornisa y los lucernarios para que la usuaria experimente una caída y ella misma vea si está o no está bien atada, y las consecuencias que esta tiene.

También puede señalar los diferentes elementos del escenario para guiar a la usuaria.

4. RESULTADOS

Investigación de validez de herramienta

La investigación que se llevó a cabo, se realizó el 30 de noviembre de 2017 en las instalaciones del mismo Asaken. Junto con la investigación se realizó un evento contiguo en el que se presentó la herramienta a diferentes actores.
El evento comenzó con una breve explicación del estudio en la cual se da la bienvenida a los asistentes y agradecimientos a las partes implicadas.

Una vez finalizada la presentación se dividió en dos grupos dependiendo los roles de los asistentes en sus empresas. Por un lado directores y por otro operarios. El programa del evento es diferente para cada grupo, pero ambos con gran relevancia para el estudio y el evento. A continuación se dividirá la explicación en dos partes: evento y estudio.

4.1. Evento

El grupo de los directores tuvo un programa orientado a la demo del producto FallPro. Primero de todo empezamos con un aperitivo donde juntamos a todos ellos como primera toma de contacto y esperamos a los rezagados. Tras dicho descanso pasamos a la presentación de Ludus y una explicación más en profundidad de qué sucederá durante el día. Esta información se les da aparte del grupo de operarios para no alterar el estudio.

A la presentación de Ludus y FallPro le siguió el testeo del mismo producto. Dividimos el grupo en dos subgrupos. En cada uno de los subgrupos se procedió a la prueba de la demo FallPro para que vieran de primera mano en qué consiste el producto. Tuvieron en todo momento a una personas al lado dando las instrucciones necesarias para el uso correcto de la demo de formación de riesgos laborales de caídas en alturas.

Una vez finalizada la prueba pasamos a la dinámica de las mesas de trabajo. Esta dinámica tuvo 4 mesas diferentes y en cada una de ellas se hablaba de un tema:

- Modelo de negocio: las preguntas aquí mostradas fueron sobre el modelo que debería tener el producto para que así las empresas quieran adquirirlo.
- Training: se habló sobre las formaciones que las empresas tienen, las tecnologías que actualmente usan y su satisfacción con respecto a sus formaciones.

- VR: se trató el tema de la realidad virtual, su aplicabilidad en el ámbito de las formaciones y su visión y opinión de futuro hacia ella.
- FallPro: en esta mesa se dialogó sobre el producto FallPro que previamente testearon en la demo. Se recibe feedback sobre ello y la visión que tienen en cuanto a poder hacer uso de ella.

Fue una dinámica que en palabras textuales de los participantes fue muy enriquecedora para todas las partes implicadas.

Una vez acabado la dinámica se procedió a el cierre del evento con su respectivo agradecimiento tanto a los asistentes como a Osalan y Asaken.

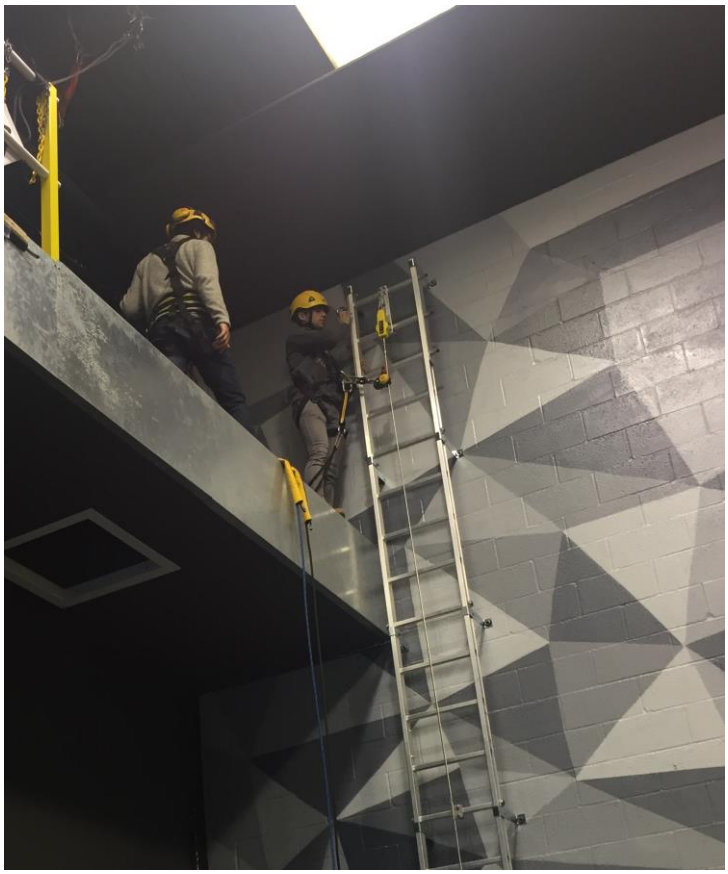


Imagen 9: Foto de un alumno de grupo de VR realizando el ejercicio práctico

4.2. **Estudio**

El objetivo primordial que siguió este estudio, fue en todo momento, validar la herramienta de formación en prevención de caídas a distinto nivel, como método de formación eficaz y eficiente.

Para ello se recogió una muestra de 21 participantes, los cuales fueron divididos en 2 grupos. La muestra fue recolectada entre alumnos de diferentes centros de formación y operadores de varias empresas. Los cuales cumplían con los siguientes requisitos:

- Mayor de edad.
- Sin formación en caídas en alturas.
- No haber usado antes la VR.

La muestra se dividió en dos grupos. El grupo de la mañana (grupo tradicional), realizó una formación teórica tradicional en formato Power Point por parte de los profesionales de Asaken. Mientras que el grupo de la tarde (Grupo VR) tuvo la formación con el mismo contenido pero con VR. Es decir,

cada participante del grupo VR, se puso las gafas y estuvo 10 minutos recibiendo las lecciones del ejercicio 8 por medio de la Realidad Virtual.

Después de recibir las formaciones, los dos grupos hicieron el mismo ejercicio práctico: La elección de EPIs correctos y el ascenso por una escalera vertical. Una vez arriba, los "alumnos" debían realizar el cambio de anclaje de un cabo de anclaje a otro…

Este estudio se realiza con dos grupos diferentes para poder sacar a la luz las siguientes hipótesis:

- Hipótesis de tiempo:
  - Hay una diferencia en los tiempos entre ambos grupos.
- Hipótesis de EPIs:
  - Hay una diferencia en el números de EPIs colocados correctamente entre ambos grupos.
- Hipótesis acierto revisión:
  - Hay diferencia en el número de aciertos entre ambos grupos.
- Hipótesis proceso cambio de plano:
  - Hay diferencia en la realización del proceso de cambio de plano entre ambos grupos.

Las conclusiones de las hipótesis son las siguientes:

Objetivo	Test	Resultado	Significación
Objetivo 1 Tiempo	*Wilcoxon Rank sum test*	< T en Formación PPT	No significativo
Objetivo 2 EPIs	*Wilcoxon Rank sum test*	> Nº EPIs correctos en formación en VR	No significativo
Objetivo 3 Revisión	*Wilcoxon Rank sum test*	> Nº aciertos en revisión en formación en VR	Significativo (.05)
Objetivo 4 Proceso	*Chi-Squared test of independence*	> Nº proceso bien realizado en formación en VR	Significativo (.05)

Objetivo 1: el grupo de formación VR tardó más tiempo en realizar la práctica.

Objetivo 2: el grupo de formación VR tuvo más acierto en la selección de EPIs en la práctica.
Objetivo 3: el grupo de formación VR tuvo más acierto en la revisión de EPIs en la práctica.
Objetivo 4: el grupo de formación VR (100%) tuvo mejor desempeño en el proceso de cambio de plano que el grupo de formación en Power Point (54%)

Los objetivos aquí recogidos son una breve explicación de los resultados del estudio y la validación de las hipótesis estudiadas. En definitiva, los resultados son igual o mejor de lo esperado, lo que quiere decir que las hipótesis antes mencionadas estaban en lo cierto, existe una mejora con el uso de la tecnología VR en la formación en riesgos laborales en caídas en alturas.

5. UTILIDAD PRÁCTICA DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Es un producto muy útil para usarlo en la formación de caídas en alturas. Con ello se refuerza la seguridad de los trabajadores porque mejora considerablemente su formación. Los accidentes laborales en el País Vasco han incrementado un 7.5% durante el 2016. Ascendiendo a la cifra de 70.000 los accidentes. En cuanto a las muertes el dato fue de 40 hasta el mes de octubre.

Por lo tanto esto quiere decir que todavía queda mucho por hacer y mejorar en cuanto a la prevención se refiere. Para ello el producto FallPro juega un papel importante. Ayuda en la formación y concienciación de los trabajadores para poder prevenir así los accidentes y, por consiguiente, muertes laborales.

En cuanto a la tecnología se refiere tiene una gran facilidad para poder refrescarla cuando sea necesario, es decir, actualizar los escenarios, las condiciones climatológicas o cualquier cosa que se quiera modificar. Esto permite al trabajador formarse en todos los casos posibles con los que se puede encontrar en la realidad durante la realización de su trabajo.

6. CONCLUSIONES FINALES Y POSIBLES RECOMENDACIONES

Para la prevención de riesgos laborales es una herramienta útil acompañada de la formación tradicional. Se podría aplicar a los centros de formación de riesgos laborales. Es una tecnología puntera que atraería a más empresas a dichos centros.

A día de hoy no existe modelo de negocio del producto FallPro, pero se está llevando a cabo un estudio para ver dónde puede ser aplicado y cómo. Para ello se está definiendo por un lado los clientes y por otro el formato de venta.

Como se ha mencionado antes es posible que se use en los centros de formación y ellos directamente se lo expongan a las empresas, sin embargo, puede ser un producto que sea vendido directamente a grandes empresas.

La finalidad del producto es el de formación, pero se consigue también concienciar tanto a los operarios como a los directores de los riesgos que existen cuando se trabaja en alturas. Es por ello que las empresas puedan usarlo con el fin de concienciar.

En definitiva, se trata de un escenario básico con ejercicios básicos, pero en caso de invertir más recursos económicos se podría hacer una herramienta mucho más desarrollada. Esta ayudaría aún más a mejorar las formaciones de los trabajadores en prevención de caídas en altura.