

ANÁLISIS COSTO Y BENEFICIO DE LOS SOFTWARE DE REALIDAD VIRTUAL PARA LA CAPACITACIÓN LABORAL DE ALTO RIESGO

Covarrubias Madera Carlos Giovani¹, Hernández Mejía Jesús Antonio¹, Ontiveros Paredes Jesse¹

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Informática Mazatlán (México).

Abstract

En la presente investigación se muestran distintos softwares de realidad virtual enfocados hacia labores de alto riesgo, se revisa su costo y beneficio (ahorros y experiencia). Los resultados confirman que generalmente la implementación de este tipo de software produce ahorros enormes a largo plazo junto con muchos beneficios al trabajador, al recibir más experiencia que reduce sus accidentes y riesgos.

Palabras clave: Realidad Virtual, Software, Capacitación, Riesgo, Laboral.

1 INTRODUCCIÓN

Los accidentes están a la orden del día y los trabajadores no están exentos de ello, por esta situación, consideramos que esta investigación aportará información relevante a todos los interesados que deseen aplicar algún software de realidad virtual a sus métodos de capacitación, ampliar su panorama de adiestramiento o al público interesado.

La mayoría de los daños a la salud de los trabajadores tienen como origen los accidentes que sufren al ejercer su profesión. Los accidentes se clasifican en forma inmediata o forma básica; en la forma inmediata entran actos inseguros, actos relacionados con el comportamiento inadecuado del trabajador, mala orientación, prematura introducción, poca experiencia y falta de capacitación práctica; en la forma básica se encuentran dentro de las condiciones inseguras, estado de las instalaciones y deterioro o mal manejo de las herramientas [1].

La realidad virtual es la representación completa o parcial de un ambiente real o ficticio, a través de medios electrónicos [2], es un área que ha tomado gran relevancia en años recientes gracias a su capacidad para crear escenarios de mundos virtuales con aspecto y comportamiento lo más real posible, simulaciones de alto riesgo, interpretación y análisis de datos, navegación en ambientes virtuales, manipulación de objetos virtuales, estímulos sensoriales y estímulos físicos [3], a través de dispositivos hápticos [4-6]. La realidad virtual en función al tipo de experiencia que ofrece y el equipo que utilice se divide en varios enfoques; realidad virtual no inmersiva, simulaciones a través de teclado, ratón y motor gráfico, enfoque menos costoso y sencillo; realidad virtual inmersiva, ofrece la sensación de estar dentro del ambiente virtual con interacción de los elementos existentes mediante estimulaciones sensoriales, enfoque más costoso con uso de dispositivos; y la realidad aumentada, superposición de imágenes y sonidos sobre videos del mundo real [2-3]. La realidad virtual se encuentra presente en muchas áreas del mundo moderno, desde el entretenimiento, medicina, educación, investigación, automotriz y energías [2].

La realidad virtual para la capacitación presenta entornos virtuales aptos para el desarrollo de habilidades psicológicas e incluso físicas a los usuarios. Las simulaciones permiten practicar escenarios y procedimientos de forma rápida y segura que representan un riesgo a la salud, facilita la práctica y la experiencia, ofrece retroalimentación y aprendizaje [2]. A principios del 2010 el Instituto de Investigaciones Eléctricas desarrolló diferentes versiones del sistema de Adiestramiento en Mantenimiento a Líneas Energizadas, el principal objetivo es capacitar y entrenar al personal que lleva tareas de alto riesgo. Se obtuvieron reducciones considerables de los costos y accidentes [7]. En el año 2019, se realizaron varias conferencias en el XLI Curso Internacional de Oftalmología Clínica donde se comentaron los beneficios de HelpMeSee para la mecánica de cirugía oftálmica, con el objetivo de mejorar las habilidades de los usuarios y profesionales, les permite tener evaluación directa y retroalimentación [8]. En años recientes muchas personas se han capacitado exitosamente en diferentes escenarios, Cualit ayuda en diferentes proyectos,

teniendo en cuenta la realidad virtual, trabajan y guían en escenarios como paramédicos, doctores, enfermeros y sectores de industria e infraestructura [9].

El objetivo de este trabajo es un análisis del costo y beneficio de los softwares de realidad virtual destinados a un escenario laboral de alto riesgo, revisando diversas implementaciones en un entorno en específico.

2 METODOLOGÍA

Se realizó una investigación exploratoria centrada en la búsqueda de escenarios laborales de alto riesgo comunes en nuestra localidad, se optó por pilotos de helicópteros. Una vez obtenido el escenario de alto riesgo se buscó un software que perteneciera a una empresa de escala internacional y que contará con certificación para ofrecer una capacitación oficial por medio de realidad virtual. Una vez encontrada se buscó las implementaciones que ofrece y los escenarios que presenta. Se tomó en consideración el costo del software, hardware del mismo, mantenimiento anual y los costos operativos por hora de los helicópteros que ofrece en sus implementaciones, por último, se creó un curso ficticio, una simulación de capacitación con un total de 2,400 horas anuales (1600 virtuales y 800 reales) donde se comparan los costos de capacitación real y virtual. La simulación solo toma en consideración el primer año de uso.

3 RESULTADOS

3.1 VRM Switzerland

VRM Switzerland es una empresa con sede en Suiza conformada por un equipo de 30 ingenieros altamente especializados y expertos en aviación [10]. Es acreedora de la primera calificación emitida por EASA (Agencia Europea de Seguridad Aérea) [11], que permite acreditar el tiempo de entrenamiento de vuelo. La calificación fue entregada a su implementación de software Robinson R22 FSTD [10].

VRM Switzerland cuenta con la certificación ISO 9001 [12]. Esto provee seguridad y alta calidad además de que los productos siguen pautas, requisitos y características de los estándares de clase mundial [10].

3.2 Implementaciones

3.2.1. Robinson R22 FSTD

Implementación que simula al helicóptero Robinson R22, la cabina es funcional y todos los elementos operativos necesarios están disponibles. Se utiliza para aprender todos los elementos básicos y para entrenar los procedimientos de emergencia. Adecuado para estudiantes y pilotos experimentados [13].



Figura 1. Equipo de R22 Simulator previo al inicio de un entrenamiento [13].

El simulador es relativamente pequeño, funciona adecuadamente en un recinto menor a 20 m². Sus dimensiones y equipos son los siguientes; 180 cm de longitud, 170 cm de profundidad y 215 cm de altura, pesa 550 kg, demanda una alimentación de 400VAC - 60A y precisa de una pantalla de 90Hz y visor de realidad virtual (VR) [13].

3.2.2. Airbus H125 FSTD

Implementación que simula al helicóptero Airbus H125, desde la familiarización con un helicóptero de turbina hasta los escenarios que implican vuelos de montaña y entrenamientos de emergencia. La cabina es funcional y los controles tienen retroalimentación de fuerza para simular fallas de sistemas hidráulicos y cambios de fuerzas, además cuenta con la posibilidad de agregar el módulo HESLO (Helicopter External Sling Load Operation) [14].



Figura 2. Equipo H125 en el transcurso de un entrenamiento con el módulo HESLO [15].

El simulador es bastante similar a Robinson R22 y al igual requiere un recinto menor a 20 m². Sus dimensiones y equipos son los siguientes; 180 cm de longitud, 170 cm de profundidad y 215 cm de altura, pesa 580 kg, demanda una alimentación de 400VAC - 60A y precisa de una pantalla de 90Hz y visor de VR [14].

3.2.3 HESLO (Helicopter External Sling Load Operation)

La primera solución realista del mundo para HESLO. Utilizado para aprender conceptos básicos para volar cargas de eslingas externas directamente en un helicóptero de una turbina, funcional para procedimientos rutinarios y emergencias. La cabina es funcional con sistemas originales (requiere un módulo propio cuál es agregado a H125). Las cargas presentadas en las simulaciones varían en peso, tamaño y longitudes de cuerda para brindar el máximo realismo [16].

3.3 Funciones

Las funciones se centran en tres puntos principales, la realidad virtual, movimientos físicos y escenarios (virtuales y entrenamientos). Los escenarios virtuales son representados de forma realista, con alta resolución y calidad gracias al visor 3D de 360° y detección de pose humana, que representa fielmente el cuerpo del piloto dentro de la simulación y da posición precisa de los elementos de control de la cabina.

Los módulos representan fielmente la cabina del helicóptero presentado, los controles de vuelo son idénticos y simulan las fuerzas que se experimentan en situaciones reales rutinarias o emergencias, los elementos de control están dispuestos en los lugares y tamaños correctos. Gracias al vrm motion la cabina simula vibraciones y movimientos realistas en función al estado de vuelo en la simulación y, de ser el módulo adecuado (HESLO), muestra los movimientos causados por la resistencia y tensión de cuerdas, además, cuenta con auriculares de sonido de alta calidad que relaciona los sonidos recibidos con las aspas y rotores del helicóptero.

Los escenarios cumplen con desafíos de experiencia o de aprendizaje. Los escenarios disponibles son: aproximaciones, autorrotaciones, operaciones en pendiente, vuelo por instrumentos y navegación, procedimientos de emergencia y fallos de rotor de cola. Cada escenario representado en la simulación puede volverse desafiante gracias a la turbulencia, inclemencias ambientales, baja visibilidad y horas del día [17].



Figura 3. Escenario nocturno de despegue y vuelo virtual de R22 y H125 [17].

3.3 Costo

El precio aproximado de WR Switzerland depende de si se desea adquirir módulos extras al simulador. El precio de Robinson R22 es de \$275,744.70 USD, mientras que el precio de Airbus H125 es de \$309,177.50 USD. El costo del simulador y el módulo HESLO es de \$524,400.00 USD [18].

El precio parece bastante elevado, pero si se compara con el costo por hora de vuelo de cada helicóptero, sumado a las horas de vuelo necesaria para la acreditación de cada profesionista que ronda en 60 horas [10], hace que se vuelva bastante económico, El costo por hora estimado es de \$173.00 USD para Robinson R22, \$627.00 USD para H125 y \$931.00 USD para Bell 429 Global Ranger (HESLO). Por otro lado, el precio de cada unidad nueva llega a ser exorbitante, con precios de \$312,000.00 USD para Robinson R22, \$3,200,000.00 USD para H126 y \$7,500,000.00 para Bell 429 Global Ranger [19-21].

3.4 Beneficio

Los beneficios son la integración de un entrenamiento basado en simulaciones de vuelo que aumentan la eficacia y la efectividad del aprendizaje. Esto aumenta la retención, reduce los errores y mejora la preparación. Permite entrenar en situaciones de vuelo comunes y en situaciones de emergencias realistas que no pueden ser reproducidas en un escenario real por el peligro que representan y ofrecen mayor seguridad al piloto que reducen los riesgos dentro de las horas de capacitación o fuera de ella, también, estas simulaciones agregan más horas útiles de práctica sin los costos de vuelo real [10]

3.4.1 Piloto

Reducen los costes de formación al ahorrar las horas adicionales de vuelo reales, entrenamientos en entornos seguros, disponibilidad en cualquier momento y en cualquier clima, procedimientos rutinarios eficaces, dominio de escenarios desafiantes y procedimientos anormales con la total comodidad y seguridad.

3.4.1 Piloto privado

Ofrece experiencia en escenarios con condiciones climáticas adversas, emergencias altamente exigentes, además, es posible emplear las horas de vuelo virtuales en la repetición de procedimientos específicos con un costo mucho menor a horas de vuelos reales.

3.4.1 Instructor de vuelo

Permite realizar demostraciones en vivo de procedimientos inusuales, emergencias y fallos a sus estudiantes sin ningún peligro, sumado a la posibilidad de ofrecer a sus estudiantes una capacitación de alta calidad antes de presentarse en un vuelo real.

3.4.2 Organización de formación autorizada

Establece nuevos estándares en la formación de vuelo, aumenta la eficacia de formación y atracción a nuevos pilotos, ya que, su organización ofrecerá un alto nivel de habilidad y necesitará menos horas de vuelo reales para obtener su licencia.

3.4.3 Operador de helicóptero

Mejora la seguridad del operador, entrenamientos eficientes en cuanto a costo, amigable al medio ambiente al no tener entrenamiento con equipo real y mantendrá la competencia de los operadores al practicar situaciones exigentes en tiempos de inactividad [10].

3.5 Simulación de uso

Para obtener una vista precisa de los beneficios económicos de la utilización de las diversas implementaciones de VRM Switzerland realizamos una simulación de costos y ahorros divisados en dólares a un plazo de un año donde se tomó en consideración la inversión necesaria para la adquisición de estos softwares, costos operativos por hora de cada helicóptero y el ahorro por horas virtuales.

3.5.1 Robinson R22

En el caso del Simulador Robinson R22 se plantea un curso semestral con dos ediciones al año donde se capacitan a 20 personas por curso, con una capacitación acorde a cursos convencionales de 60 horas de vuelo, pero dividida en 20 horas de vuelo real y 40 horas virtuales; cada hora de vuelo real tiene un costo de \$173 USD, acorde al costo operativo de Robinson R22 y cada hora virtual con un costo de mantenimiento de \$50.14 USD, con el descuento anual mencionado en secciones anteriores.

Los resultados fueron los siguientes; se necesitó una inversión inicial de \$275,744.70 USD (adquisición del simulador software); tuvo un costo anual de \$479,110.10 USD; esta cantidad surgió por tres motivos, las horas de vuelo real anuales ascendieron a \$138,400.00 USD, el mantenimiento anual, por las horas de vuelo virtuales, acumuló un total de \$64,965.40, por último, se integra el costo de la inversión.

En un curso con este formato que se hiciese únicamente con vuelo real el costo anual llegaría hasta los \$415,200.00 USD, por lo que, en comparación con el curso utilizando VR no se tendría un ahorro, en realidad sería \$63,910.10 USD más caro. Debido al paso de los años el costo operativo de Robinson R22 se fue reduciendo haciendo que sea más rentable las prácticas reales que con realidad virtual, sin embargo, el uso de VR amplía la experiencia en situaciones de emergencias que únicamente serían seguras dentro del mundo virtual.

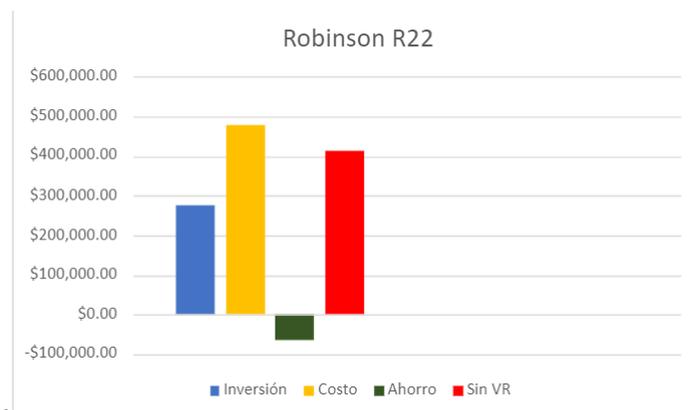


Figura 4. Gráfica de costo, ahorros, inversión y costo sin VR para Robinson R22 .

3.5.2 Airbus H125

En el caso del Airbus H125 la simulación del curso se hizo de la misma manera que Robinson R22, 60 horas de vuelo totales divididas en 40 horas virtuales y 20 horas reales, con 20 personas a capacitar en dos cursos anuales de edición semestral. Cada hora de vuelo real tiene un costo de \$627.00 USD, acorde al costo operativo de Airbus H125, el costo de mantenimiento por hora virtual es de \$50.14 USD con el descuento anual mencionado anteriormente.

Los resultados fueron los siguientes; se necesitó una inversión inicial de \$309,177.50 USD (adquisición del módulo HESLO), tuvo un costo anual de \$875,742.90 USD; la cantidad surgió a partir de las horas reales

de vuelo que ascendió a \$501,600 USD, el mantenimiento anual acumuló un total de \$64,964.00 USD, por último, se integra el costo de la inversión.

En un curso con este formato que se realice únicamente con vuelos real el costo llegaría hasta \$1,504,800.00 USD, por lo que, en comparación con un curso utilizando VR se obtiene un ahorro de \$629,057.10 USD, ahorro moderadamente por debajo del costo anual y un poco menos de la mitad que sería en un curso sin uso de VR. Esto hace que sea rentable utilizar el software y hardware que provee VRM Switzerland. Ofreciendo mayor experiencia en situaciones de emergencia, seguridad y con costos reducidos.

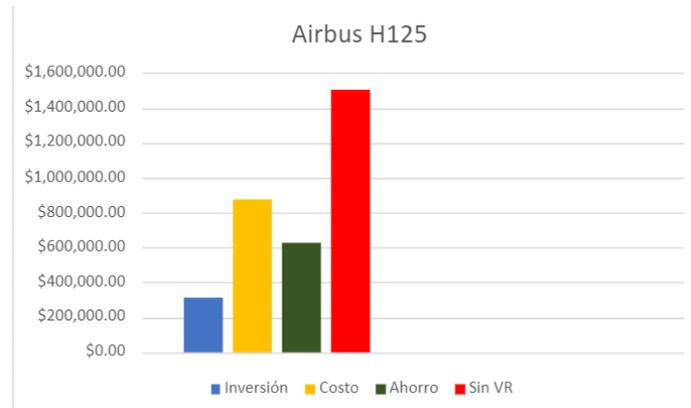


Figura 5. Gráfica de costo, ahorros, inversión y costo sin VR para Airbus H125.

3.5.3 Bell 429 Global Ranger (HESLO)

En el caso de Bell 429 Global Ranger la simulación sigue los mismos parámetros, 60 horas divididas en 40 virtuales y 20 reales, con 20 personas en dos cursos semestrales con un costo operativo de \$931.00 USD por hora (acorde a Bell 429), y un costo de mantenimiento por hora virtual de \$50.14 USD junto con el descuento anual.

Los resultados fueron los siguientes; se necesitó una inversión de \$524,400.00 USD (módulo HESLO); el costo anual es de \$1,334,165.40, la cantidad ascendió por el costo de las horas de vuelo real que llegó a \$744,800.00 USD, el costo del mantenimiento anual es de \$64,965.40 USD, además se incluyó el costo de inversión.

Un curso con este formato que se realice solamente con vuelos reales llegaría a un costo de \$2,234,400.00 USD, por lo que, en comparación con un curso utilizando VR se obtiene un ahorro de \$900,234.60 USD. Ahorro bastante considerable, se obtiene un ahorro un poco menos de la mitad del costo anual en vuelos reales. Implementar una capacitación por realidad virtual a Bell 429 mediante el software de VRM Switzerland es altamente rentable, reduciendo considerables los costos anuales, ofreciendo mayor experiencia en un helicóptero con alto costo operativo, generando experiencias en emergencias y levantamiento de cargas sin riesgos ni costos elevados.

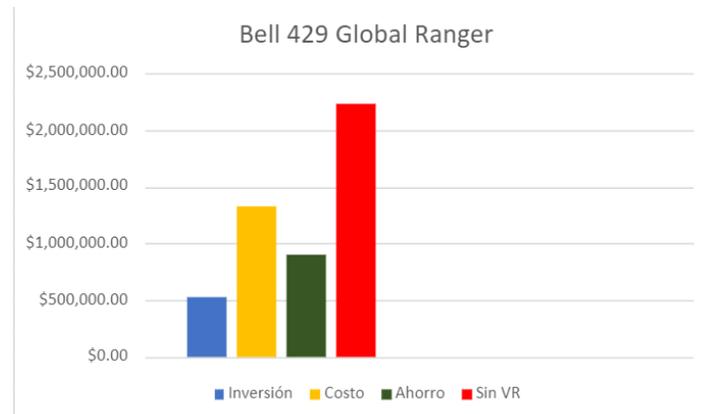


Figura 6. Gráfica de costos, ahorros, inversión y costo sin VR para Bell 429 Global Ranger.

4 CONCLUSIONES

Los resultados concluyen que los beneficios son altos teniendo un ahorro bastante cercano al 50%, en la mayoría de los casos, y costo anual menor a uno sin implementar VR. Analizar y presentar los costos-beneficios es una gran ayuda para poder experimentar nuevas formas de transmitir y recibir información, de esta forma, los usuarios pueden involucrarse artificialmente en distintos escenarios generando valiosas y mayores horas de capacitación que les permitirán enfrentarse y salir ilesos a sus profesiones de alto riesgo.

Estos softwares no se deben ver como un gasto, más bien es una inversión que en un plazo de tiempo se recupera, genera ahorros en futuras capacitaciones y también hay que tomar en cuenta los beneficios que ofrece como la seguridad, ser ecológicos, eficientes, y la repetición instantánea del entrenamiento e instalaciones rápidas. Es una solución eficaz para complementar la capacitación y para ofrecer mucha más experiencia al usuario.

REFERENCIAS

- [1] A. González, J. Bonilla, M. Quintero, C. Reyes, A. Chavarro. "Analysis of the causes and consequences of accidents occurring in two construction projects ". *Revista Ingeniería de Construcción Online version*. Vol 31. No 1. apr. 2016. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732016000100001>
- [2] Pérez R. Miguel, Zabre B. Eric, Islas P. Eduardo. "Realidad Virtual: un panorama general". *Boletín IIE. Instituto de Investigaciones Eléctricas*. Vol. 28. No. 2. pp. 39-44. apr-jun 2004. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/313561081_Realidad_Virtual_Un_panorama_general
- [3] Galván Bobadilla Israel, Pérez Ramírez Israel, González Castro Salvador, Arroyo Figueroa Gustavo, Rodríguez Gallegos Eric, Salgado Martínez Marco Antonio, Ayala García Andrés, Vázquez Bustos Jesús. "Estado actual y prospectiva de aplicaciones de realidad virtual en el sector eléctrico". *Boletín IIE. Instituto de Investigaciones Eléctricas*. Vol. 35. No. 3. pp 99-106. jul-sep 2011. Obtenido de <https://www.ineel.mx/boletin032011/divulga.pdf>
- [4] VR Electronics Ltd. "Haptic feedback VR suit for motion capture and VR training". *Teslasuit*. [Internet]. Disponible en <https://teslasuit.io/the-suit/>
- [5] Manus VR. "MANUS Xsens Gloves". [Internet]. Disponible en <https://www.manus-vr.com/xsens-gloves>
- [6] Oloroma Technology Ltd. "VR Smell Technology To Activate Sensory Stimulus". *Oloroma*. [Internet]. Disponible en <https://www.oloroma.com/virtual-reality#contact-1>

- [7] Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias. (30 sep. 2011). "Sistemas de capacitación basados en realidad virtual". [Internet]. Disponible en <https://www.gob.mx/inel/prensa/sistemas-de-capacitacion-basados-en-realidad-virtualwww.gob.mx>
- [8] Dr. E. Hutter Daniel. (8 jul. 2019). "Capacitación en simulación de realidad virtual para la aplicación de la mecánica en la cirugía oftálmica". *Ofálmico al día*. [Internet]. Disponible en <https://oftalmologoaldia.com/blog/2019/07/08/capacitacion-en-simulacion-de-realidad-virtual-para-la-aplicacion-de-la-mecanica-en-la-cirurgia-oftalmica/>
- [9] Cualit. (s. f.). "La realidad virtual y sus beneficios para la capacitación laboral". [Internet]. Disponible en <https://www.cualit.com/la-realidad-virtual-y-sus-beneficios-para-la-capacitacion-de-person>
- [10] VRM Switzerland. (2021). "VRM Switzerland - Professional Flight Training Solution". <https://vrm-switzerland.ch>
- [11] EASA Europa. (26 apr, 2021). "EASA approves the first Virtual Reality (VR) based Flight Simulation Training Device. [Internet], Disponible en <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/press-releases/easa-approves-first-virtual-reality-vr-based-flight-simulation>
- [12] Organización Internacional de Normalización. (2015). "ISO 9001:2015(es)" <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- [13] VRM Switzerland. (2021). "R22 Simulator FSTD". [Internet]. Disponible en <https://vrm-switzerland.ch/robinson-r22-trainer/>
- [14] VRM Switzerland. (2021). "Airbus H125 FSTD". [Internet]. Disponible en <https://vrm-switzerland.ch/airbus-h125-trainer/>
- [15] "Opportunity for Helicopter Operators to improve their quality in Sling Load Operations". VRM Switzerland. 2021. [Video en línea]. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=elz1EtEYW38&t=10s>
- [16] VRM Switzerland. (2021). "HESLO Trainer". [internet]. Disponible en <https://vrm-switzerland.ch/heslo-trainer/>
- [17] VRM Switzerland. (2021). "Simulator Brochure 2021". [Archivo PDF]. Obtenido de <https://vrm-switzerland.ch/wp-content/uploads/2021/07/VRM-Switzerland-Simulator-Brochure-2021-en-v7.pdf>
- [18] VRM Switzerland. "Price List Robinson R22 in 2021". [Archivo PDF]. Obtenido de <https://vrm-switzerland.ch>
- [19] Air.one. (2021). "Robinson Helicopters R22 Beta II". [Internet]. Disponible en <https://air.one/aircraft-showroom/robinson-helicopters-r22-beta-ii/>
- [20] Air.one. (2021). "Airbus Helicopters H125". [Internet]. Disponible en <https://air.one/aircraft-showroom/airbus-helicopters-h125/>
- [21] Air.one. (2021). "Bell 429 Global Ranger". [Internet]. Disponible en <https://air.one/aircraft-showroom/bell-429-globalranger/>