



areola

Ar/vr foR aErOspace pfb-Lb operAtors

Nº de Proyecto: 2021-1-PT01-KA220-VET-
000034876

Informe de Análisis de Necesidades de Validación



Proyecto financiado por la Unión Europea. Los puntos de vista y las opiniones expresadas pertenecen únicamente a los autores y no reflejan necesariamente las de la Unión Europea o la Agencia Ejecutiva Europea de Educación y Cultura (EACEA). Ni la Unión Europea ni la EACEA se hacen responsables de las mismas.

Revisión	Fecha	Autor/Organización	Descripción
1	30/09/2022	EOS	Primer borrador
2	07/10/2022	EOS	Introducción de información adicional procedentes de entrevistas
3	04/11/2022	EOS / Fan3D	Revisión conjunta del consorcio AREOLA
4	04/11/2022	MTC	Revisión final
5	05/12/2022	IDONIAL	Traducción al idioma castellano

Tabla de contenido

Tabla de contenido	2
1. Introducción	3
2. Presentación del PR1.	5
2.1. Información general.....	5
2.2. Tarea 1: Análisis interno e investigación documental	5
2.2.1. Aprendizaje combinado/evaluación de aplicabilidad de herramientas RA/RV.	5
2.2.2. Matriz de evaluación RE.....	7
2.2.3. Conclusión.....	8
2.3. Tarea 2: Desarrollo de un guion para la realización de entrevistas a expertos en el ámbito del sector aeroespacial (industria) y proveedores de capacitación.	9
2.4. Tarea 3: Análisis de los resultados de la entrevista	10
2.4.1. Presentación de Resultados.....	10
2.4.2. Principales hallazgos de las entrevistas	22
3. Conclusión.....	24
4. Anexos.....	25
4.1. Anexo 1: Evaluación de aprendizaje combinado/realidad extendida	25
4.2. Anexo 2: Matriz de evaluación de RA/RV	26
4.3. Anexo 3: Guión básico de entrevista.	27

1. Introducción

Dentro de las actividades a desarrollar en el proyecto AREOLA, el denominado “Resultado de Proyecto 1” (en adelante, PR1) tiene el cometido de proporcionar la base para el trabajo que se llevará a cabo durante las actividades restantes del proyecto. Desde la introducción de la Fabricación Aditiva (en adelante, FA) hace más de tres décadas, la industria ha luchado contra la escasez de profesionales cualificados en la fabricación aditiva. Este es un problema relevante a la hora de facilitar la rápida absorción por parte de la industria del concepto general de la FA, y de manera específica de tecnologías especialmente indicadas para una aplicación industrial, como es el caso de la tecnología de fusión de lecho de polvo metálico (en inglés Metal Powder Bed Fusion Laser Beam, PBF-LB) donde en el momento actual se denota una escasez tanto de operadores como de ingenieros cualificados en la tecnología. Por otra parte, la pandemia del COVID-19 de 2020 ha dejado al descubierto además problemáticas derivadas de los modelos de formación tradicionales, fuertemente basados en la presencialidad. Para abordar este problema, los esquemas y modelos de formación en torno a estas tecnologías deben mejorar y evolucionar, a fin de implementar y aprovechar el potencial de las herramientas digitales existentes. En vista de lo anterior, el objetivo fundamental del proyecto AREOLA es el de ayudar a abordar la escasez de operadores de PBF-LB mediante el uso de tecnologías de Realidad Aumentada (RA) y Realidad Virtual (RV), con la idea particular de favorecer la capacitación práctica, mediante el uso de entornos digitales.

La necesidad de mejorar la capacitación en FA ya había sido detectada con anterioridad por iniciativas previas en este ámbito, como es el caso del proyecto Erasmus+ SAM Sector Skills Strategy in AM Sector), que elaboró una hoja de ruta para la definición e implementación de una estrategia en torno al desarrollo de un esquema competencial en torno al FA. Dicha hoja de ruta identificó la “competencia por trabajadores AM calificados y la falta de conocimiento de AM de los trabajadores existentes/estudiantes”, así como la “escasez de centros de formación, especialmente a nivel de Educación y Formación Profesional (VET, por sus siglas en inglés), capaces de impartir formación en FA”, como algunos de los huecos críticos en torno a la proliferación de la tecnología. En términos de oferta de formación reconocible, si bien se pueden identificar algunos ejemplos (como pudieran ser una serie de cursos disponibles por parte universidades centradas en FA, por ejemplo, de la Universidad de Cranfield en el Reino Unido), estos son principalmente a nivel de maestría (nivel 7 en el Marco Europeo de Cualificaciones), estando pues dirigidos a personas con altos niveles académicos, y que por lo tanto, pueden ser inaccesibles para muchos profesionales, en vertientes más operativas de la tecnología. En este sentido, se considera necesario un mayor número de cualificaciones para los niveles inferiores del Marco Europeo de Cualificaciones (MEC, EQF en inglés) en el ámbito de la FA, y preferiblemente, reconocibles a niveles europeos/internacional. Por otro lado, procesos productivos altamente complejos, diversos e intensivos en conocimiento, como la FA, demandarán un alto nivel de especialización de habilidades y conocimientos, que aún no está siendo suficientemente abordado. Según los estudios realizados en el anteriormente citado proyecto SAM, si bien una proporción importante de la oferta formativa existente se ofrece en modalidades en línea, hoy por hoy los proveedores de formación imparten sus servicios de manera predominante presencial, en las instalaciones del cliente o en el propio centro de formación.



Co-funded by
the European Union

Así, el proyecto AREOLA pretende ser el siguiente “paso lógico”, en el sentido que sea posible abordar algunas de los huecos y preocupaciones detectados en el proyecto SAM, específicamente al abordar la necesidad de realizar capacitaciones prácticas bajo un enfoque más flexible, accesible, eficiente y escalable. De esta manera, AREOLA pretende contribuir a la generación de un nuevo marco para la oferta formativa en el ámbito de la FA, que permita la integración de grupos profesionales ahora desatendidos en cierto modo por las metodologías de formación tradicional. Dentro de estos profesionales, el proyecto AREOLA se centra de manera específica en el perfil profesional de operador de máquina de tecnología PBF-LB metálica.

2. Presentación del PR1.

2.1. Información general

Las actividades del proyecto en torno al PR1 parten de un análisis interno detallado (Tarea 1), en el que el contenido del perfil de formación profesional existente para operadores PBF-LB metal (definido en el sistema internacional de calificación de AM, IAMQS, desarrollado bajo el proyecto SAM) fue analizado, a fin de identificar los puntos de interés y la factibilidad para la implementación de formaciones basadas en la implementación de tecnologías de RA y RV, enmarcables dentro de un único término, el de “Realidad Extendida” (RE). De manera concreta, esta labor se describe en el apartado 2.2.1 de este documento, mediante el análisis de cada Unidad Competencial (UC) del perfil de operador PBF-LB metal, desde las perspectivas de la formación combinada y las tecnologías RA/RV.

En segundo lugar (Tarea 2), se diseñó una matriz de evaluación, que permitió analizar con mayor detalle los casos de uso y aplicación individuales, clasificando y evaluando cada uno en base a una serie de criterios, que fueron previamente definidos. Esto permitió elaborar un sistema de puntuación, con el que fue posible realizar una evaluación objetiva sobre la capacidad y conveniencia de aplicar herramientas RA/RV a cada uno de los casos analizados. Esta labor supone una importante entrada para resultados sucesivos del proyecto, y especialmente para el Resultado de Proyecto 3 (PR3), que centrado en el diseño y desarrollo pormenorizado de dichos casos de aplicación de herramientas RA/RV, hará uso de esta plantilla para analizar y seleccionar aquellos que serán finalmente abordados.

2.2. Tarea 1: Análisis interno e investigación documental

2.2.1. Aprendizaje combinado/evaluación de aplicabilidad de herramientas RA/RV.

Una parte importante de la investigación documental desarrollada se realizó a partir del análisis del perfil de formación existente para el perfil de Operador de PBF-LB metal, revisando cada unidad competencial desde cuatro perspectivas: la formativa, la didáctica, la de las herramientas de RA/RV y finalmente la normativa, como se muestra en Figura 1.

Objetivos del curso AREOLA		Análisis de Unidades Competenciales				Comentarios, efectos de la implementación de formación ER.
Contenido	Horas de contacto	Formación presencial	Normas/estándares	Didáctica	ER	
PBF-LB Principios de Proceso	2h		x	x	x	Más breve
PBF-LB Sistema - Hardware y Software	4h	x	x		x	Más breve
PBF-LB Parametría	3h	x	x	x		Más breve
PBF-LB Materias Primas	2h		x	x		Más breve
PBF-LB Consumibles	2h		x	x		Más breve
Post-procesos	1h	x	x	x	x	

Figura 1: Detección de BL/RE

En la figura anterior:

- Las columnas bajo el apartado “Objetivos del curso AREOLA” se deducen directamente del contenido del perfil de formación:
 - o “Contenido” especifica los paquetes de aprendizaje individuales de cada una de las unidades competenciales del perfil, en el caso de la figura anterior, la Unidad Competencial 15 “Proceso PBF-LB”.
 - o “Horas de contacto” representa el tiempo que el formador y el alumno pasan físicamente juntos para impartir el contenido específico.
- El segundo apartado (“Análisis de Unidades Competenciales”) resume la investigación desarrollada. Aquí, cada contenido de aprendizaje se evaluó con respecto a las perspectivas a tener en cuenta:
 - o La formativa presencial: impartición de formación en modalidades presenciales.
 - o La normativa: se verificó, en la medida de lo posible, la conformidad del contenido de aprendizaje respectivo con el estándar ISO/ASTM 52942 "Fabricación aditiva - Principios de calificación - Calificación de operadores de máquinas de máquinas y equipos de fusión de lecho de polvo de metal por láser utilizados en aplicaciones aeroespaciales". Esta guía representa la base de la educación en FA para la industria aeroespacial. Proporciona la estandarización mundial de la certificación de operadores de máquinas en PBF-LB en la industria aeroespacial

- La Didáctica: la compatibilidad con modalidades de formación adicional, como el eLearning.
- RE: factibilidad de implementar herramientas de formación basadas en RV/RA.

Para garantizar que las diversas unidades competenciales y temáticas de la formación no pierden validez para con los estándares de aplicación, se deben seleccionar cuidadosamente las actividades que se amplían o reemplazan digitalmente. Por lo tanto, los siguientes trabajos se llevaron a cabo concienzudamente, a fin de evitar un posible compromiso de cumplimiento para con estos estándares.

2.2.2. Matriz de evaluación RE

La evaluación de la factibilidad de implementar herramientas que faciliten el aprendizaje combinado y/o la implementación de herramientas RA/RV mostró un importante potencial para la adaptación y mejora del perfil de operador PBF-LB (metal) bajo estas perspectivas. Siendo el cometido principal de esta labor el ejercer como paso previo necesario al desarrollo de nuevos contenidos digitales en el marco del PR3 del proyecto AREOLA, se desarrolló para ello una matriz de evaluación RE, en torno a la cual se recopilaban y agrupaban diferentes criterios, a fin de dar lugar a una evaluación bajo un marco reconocible.

El detalle de esta matriz puede ser consultado en el anexo 2 de este documento, si bien la versión que se muestra a continuación incluye la colección completa de criterios y cuestiones asociadas. Las descripciones que se presentan a continuación brindan una aproximación de cierto detalle sobre la estructura general, así como sobre cada uno de los criterios incluidos en la matriz, que se agrupan en cinco secciones, que son las siguientes:

- *Criterios de eliminación*

Para trasladar con éxito un contenido teórico a un contenido RE, se deben considerar algunos requisitos básicos, sin los cuales la implementación de herramientas RA/RV es dificultosa o no tiene un sentido real. La sección "Criterios de eliminación" resume estos criterios y, por lo tanto, permite, como primer paso de la evaluación, filtrar todos los casos de uso teóricamente posibles, sin considerar otros criterios. Algunos de los criterios más importantes en esta sección son, por ejemplo, la disponibilidad y accesibilidad de datos 3D/CAD adecuados. Si no se puede acceder al material de datos 3D adecuado, si los derechos de propiedad intelectual niegan el acceso, o si dándose lo anterior, tampoco es posible la obtención de modelos 3D de fácil manejo a través de tecnología de ingeniería inversa, estas eventualidades harían que el desarrollo de contenido RA/RV fuera mucho más difícil y costoso (habría de partir "de cero").

- *Clasificación de casos de uso*

Esta sección se refiere, con una orientación eminentemente práctica, a las características del caso de uso específico planteado. Debido a la capacidad de las herramientas RA/RV

para usar animaciones 3D, el contenido práctico de una aplicación o formación (p. ej., pasos manuales) suele ser mucho más adecuado para la implementación como contenido de RA/RV que el contenido puramente teórico (p. ej., capacitación de software). El número de pasos y las herramientas o equipos adicionales necesarios también juegan un papel importante a la hora de realizar una evaluación.

- *Caso de negocio*

El grupo de "casos de negocio" va un paso más allá, y ya no solo evalúa si los casos de uso son técnicamente posibles en general, sino que, como sugiere el nombre, pretende incorporar a la evaluación aspectos relativos al impacto en el negocio, considerando factores como la base de máquinas instaladas, factores de ahorro potencial de tiempo en actividades de formación, o la frecuencia con la que se ejecutan las tareas que se pretende emular con el contenido RA/RV.

- *Evaluación de riesgos*

Las herramientas RA/RV ofrecen la posibilidad de trasladar actividades con potenciales riesgos para las personas a un entorno digital, libre de las mismas. Esta sección trata de precisar y evaluar estos riesgos, para cada uno de los casos analizables.

- *Relación con RA/RV*

Esta última sección de la evaluación incluye criterios relacionados con el desarrollo de herramientas RA/RV, realizando un análisis de implementación desde la experiencia con esta tecnología de fabricación.

2.2.3. Conclusión

El análisis del perfil de formación profesional para los operadores PBF-LB metal realizado muestra un considerable potencial para la digitalización de contenido, mediante la implementación de tecnologías RA/RV. Es destacable que las unidades competenciales con un mayor componente práctico son justamente aquellas que incorporan bajo una modalidad de formación tradicional una mayor manipulación manual, por lo que actividades como el mantenimiento de máquinas (CU 21: Mantenimiento de sistemas PBF-LB), se muestran idóneas para la implementación de este tipo de contenidos y herramientas RA/RV. No se deben en todo caso descuidar otros contenidos, ya que según la investigación desarrollada, aspectos como la seguridad y salud, si bien en principio más limitados bajo esta perspectiva de implementación, parecen en todo caso buenos candidatos a la hora de completar unos contenidos de naturaleza eminentemente teórica, con contenidos RA/RV que pudieran enriquecer el conjunto.

En resumen, el perfil de operador PBF-LB metal consta de 10 unidades competenciales, que a su vez se desgranar en un total de 43 unidades de aprendizaje individuales (sesiones de capacitación entre la 1 y las 5 horas). La investigación en torno a la aplicabilidad del aprendizaje combinado y las herramientas RE, muestra que sólo un 58 % de estas 43 unidades son adecuadas para la capacitación presencial clásica. Por el contrario, alrededor del 72% son

ideales para el uso de tecnologías de aprendizaje didáctico como el eLearning, y alrededor del 42% podría ser apto para la implementación de tecnologías y herramientas de aprendizaje basadas en la RA/RV, lo que refleja a la perfección el gran potencial ya mencionado.

Cabe señalar que este análisis se realizó al comienzo del proyecto, no siendo descartable que la profundización y los trabajos a lo largo del mismo permitan complementar o modificar estas distribuciones porcentuales, básicamente a través de la detección de interacciones no detectadas en origen, pero sí durante la propia realización de los trabajos, según los mismos van profundizando en la materia. Este primer paso del análisis es pues una aproximación, desarrollada de manera previa al análisis más preciso y pormenorizado a desarrollar en el marco del PR3, que centralizará los trabajos relativos al diseño y desarrollo de nuevos contenidos, bajo la perspectiva del aprendizaje combinado y la RA/RV.

La creación de la Matriz de evaluación RA/RV descrita se considera pues una herramienta necesaria en la evaluación final de los casos de uso individual.

2.3. Tarea 2: Desarrollo de un guion para la realización de entrevistas a expertos en el ámbito del sector aeroespacial (industria) y proveedores de capacitación.

Para la Tarea 2, se desarrolló un guion de entrevista, como enfoque metodológico para involucrar a agentes del ámbito aeroespacial. Uno de los objetivos de esta entrevista fue el de comparar los resultados de la evaluación interna de posibles casos de uso, con opiniones de expertos de la industria aeroespacial y proveedores de capacitación a este sector. Este enfoque permitió incorporar una visión adicional a los resultados de la evaluación interna, así como revelar posibles demandas/elementos no detectados en dicha labor. La versión completa del guion de entrevista se adjunta como anexo 3 de este informe.

Las siguientes cuestiones representan los principales aspectos de la entrevista:

- ¿Qué tipo de capacitación FA se usa o se necesita?
- ¿Cuál es el formato de la capacitación implementada en su organización? (p.ej.: formación interna, subcontratada, mixta, e-learning, presencial, etc.)
- ¿Cómo se lleva a cabo la formación práctica (personal interno experimentado, proveedores de tecnología)?
- ¿Ha considerado/utilizado herramientas RA/RV para la capacitación con anterioridad?
¿Cuál fue la experiencia?
- ¿Se podrían utilizar las herramientas RA/RV para sustituir la formación presencial, o es un complemento para apoyar las vías de formación convencionales?
- ¿Cómo afectó el COVID19 a la formación en su organización?

2.4. Tarea 3: Análisis de los resultados de la entrevista

2.4.1. Presentación de Resultados

Las siguientes páginas proporcionan una perspectiva y un resumen sobre los resultados obtenidos en las diferentes entrevistas desarrolladas. En base al guion desarrollado, se confeccionó un formulario de entrevista semiestructurada, a fin de recopilar datos de los participantes. Este proceso fue liderado por el proveedor de tecnologías de FA EOS, socio del proyecto AREOLA y líder del PR1, recibiendo asimismo contribuciones y comentarios por parte del resto de los socios. El guion final incluye once preguntas, en torno a la naturaleza de la capacitación FA que los entrevistados usan/demandan, el formato de la capacitación implementada en su organización, la forma de realizar la capacitación práctica, la experiencia previa en RE, la visión sobre el uso de estas tecnologías y los efectos del COVID-19 sobre la actividad formativa desarrollada por la organización.

Cada miembro del consorcio realizó al menos dos entrevistas con organizaciones del sector aeroespacial (OEM o proveedores de nivel 1) y con proveedores de formación en materia de FA. Las entrevistas se realizaron a través de video llamadas y encuentros presenciales, con una duración aproximada de 30 minutos. El consorcio realizó un total de veinte entrevistas, las cuales permitieron recabar información de alto valor desde puntos de vista cualitativos, y extraer una serie de conclusiones. Por su valor expositivo, algunas de las respuestas obtenidas durante las diferentes entrevistas se presentan en versión parafraseada.

Es importante mencionar que todos los resultados de las entrevistas se proporcionan de forma anónima. La siguiente tabla ofrece en todo caso una descripción general de los perfiles de las organizaciones entrevistadas:

N	Sector industrial/rol	País
1	Fabricante de aeronaves	EE.UU
2	Proveedor aeroespacial	Alemania
3	Fabricante de aeronaves	Alemania
4	Empresa espacial	Alemania
5	Proveedor aeroespacial	España
6	Proveedor aeroespacial	España
7	Proveedor aeroespacial	Pavo
8	Instituto de Investigación	Alemania
9	Proveedor aeroespacial	España
10	Proveedor aeroespacial	Alemania

N	Sector industrial/rol	País
11	Proveedor aeroespacial	Alemania
12	Proveedor aeroespacial	Gran Bretaña
13	Proveedor aeroespacial	Gran Bretaña
14	Proveedor aeroespacial	Gran Bretaña
15	Centro de Educación y Formación Profesional	Portugal
16	Centro de Educación y Formación Profesional	Portugal
17	Centro de Educación y Formación Profesional	España
18	Centro de Educación y Formación Profesional	Turkey
19	Centro de Educación y Formación Profesional	Italia
20	Centro de Educación y Formación Profesional	Irlanda

Las respuestas de los participantes se transcribieron en el formulario del cuestionario inmediatamente después de las entrevistas. Posteriormente, los datos recopilados fueron analizados a través del método de análisis descriptivo, y agrupados en categorías. Se presentan a continuación los resultados principales.

Implementación de la formación AM en la Industria Aeroespacial y en los Proveedores de Formación

Para la mayoría de las organizaciones aeroespaciales y los proveedores de formación con los que se habló, parece ser especialmente importante que sus operadores de máquinas estén capacitados mediante métodos de educación directa, ya sea en sus propias instalaciones o en las instalaciones de los OEM. Esto pone de relieve la importancia de la formación presencial que ofrecen la gran mayoría de los OEM y también habla de su calidad. Algunos de los comentarios más ilustrativos se listan a continuación:

Pregunta	Organización industria aeroespacial (algunas declaraciones)	Proveedor de formación (algunas declaraciones)
¿Proporciona o tiene la intención de proporcionar formación para la fabricación aditiva?	<ul style="list-style-type: none"> - Sí, estamos brindando capacitación técnica. - Sí, para nuestros operadores de máquinas es un requisito básico recibir capacitación del proveedor de la máquina, incluso si hay una gran fluctuación de personal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sí. - Sí, formación general u orientada a diseñadores y operadores. También tenemos la intención de orientarnos hacia los ingenieros.
¿Qué tipo de capacitación FA está brindando?	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación general sobre FA, para comprender mejor la tecnología y poder usarla en el futuro. - Formación en Postprocesado: mecanizado de piezas AM. - Demandamos formación en ingeniería de diseño para FA, cálculos, optimización y simulación de componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - PBF-LB; nivel introductorio. - Capacitaciones de PBF-LB para estudiantes y personal interno, o grupos pequeños. - Contamos con máquinas de polímero, metal AM, FDM, SLS, Stratasys 400-mc, SLM PBF y contamos con capacitaciones relativas a las mismas.
¿Cómo se lleva a cabo la formación práctica (OEM internos o de máquinas)?	<ul style="list-style-type: none"> - Para nosotros es especialmente interesante recibir una primera formación realizada presencialmente por el OEM en nuestras propias instalaciones. Las personas que inicialmente recibieron la capacitación de OEM pueden educar a otro personal interno. - El OEM de la máquina está capacitando a dos operadores principales, estos operadores principales capacitan al personal interno adicional. - No se utiliza ningún material de formación en particular, la formación se basa en los procedimientos operativos definidos en el manual de la máquina. 	<ul style="list-style-type: none"> - El entrenamiento de la máquina de lecho de polvo se realizar en las propias instalaciones. - En las instalaciones. - Por el momento vamos a implementar el aprendizaje combinado, por lo que algunos módulos serán en línea, es decir, teóricos. Ambos se están realizando en casa. - Estamos desarrollando materiales propios de formación. Queremos impartir primero las partes teóricas y luego reforzarlas con una sesión práctica.

Pregunta	Organización industria aeroespacial (algunas declaraciones)	Proveedor de formación (algunas declaraciones)
	<ul style="list-style-type: none"> - Todos los operadores de máquinas toman la formación básica de operación de máquinas. Debido a la baja cantidad de personal capacitado en FA, la capacitación presencial resulta costosa, por lo que también se han utilizado capacitaciones remotas, especialmente durante los tiempos de COVID. - La formación práctica se lleva a cabo in situ en nuestras propias máquinas. - Todos nuestros operadores de máquinas han pasado por la capacitación de operación de máquinas en persona, y en principio pretendemos perpetuar esta metodología. Queremos asegurarnos de que se tomen todas las técnicas adecuadas y precauciones de seguridad. Para procedimientos más pequeños, lo haríamos internamente. - El nuevo personal suele trabajar con personal experimentado durante un par de semanas, antes de enviarlos al OEM. Consideramos que la capacitación en el sitio es aún más eficiente cuando los operadores ya han adquirido una cierta cantidad de conocimientos previos. Entonces están más abiertos a recibir información adicional. 	

Según los resultados, tanto las industrias aeroespaciales como los proveedores de formación profesional tienen formación en fabricación aditiva (FA) y la imparten en diferentes niveles. En el caso de la industria, la capacitación se lleva a cabo internamente, externamente, o a través del OEM de la máquina FA. Sin embargo, los proveedores de capacitación a menudo brindan capacitación internamente, incluso a través del OEM de la máquina AM.

Concienciación sobre las herramientas AR/VR en la formación AM

Con la finalidad de evaluar el nivel de conocimiento previo de las organizaciones entrevistadas en materia de capacitación mediante herramientas RA/RV, algunas de las preguntas planteadas estuvieron orientadas en este sentido. De este modo, como se muestra en la Figura 2, el 57 % de los entrevistados afirmaron tener conocimiento sobre la aplicabilidad de las tecnologías RV/RA para formación, mientras que por el contrario, el 43 % no lo tiene. Es constatable en todo caso que todos los entrevistados conocen o tienen nociones básicas de lo que el RA/RV es.

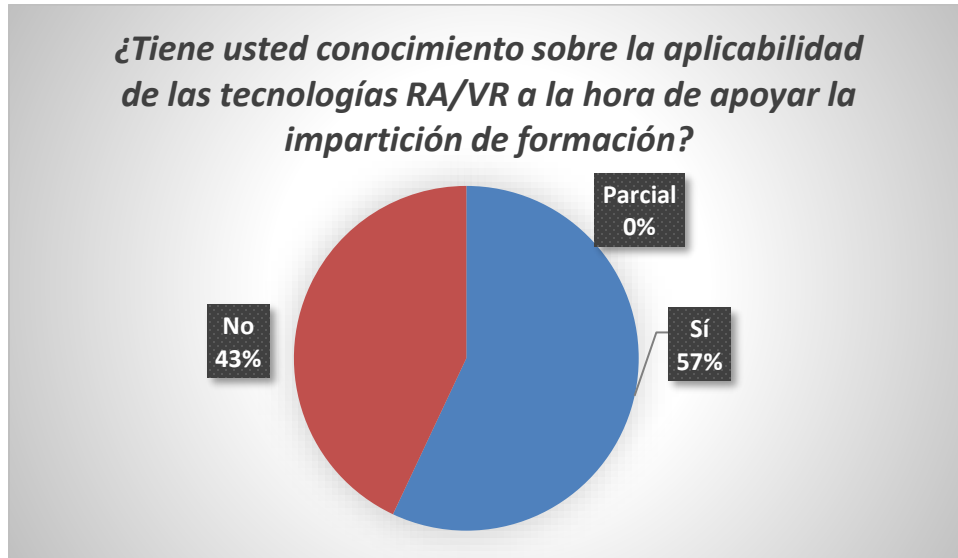


Figura 2: Respuestas a la pregunta ¿tiene usted conocimiento sobre la aplicabilidad de las tecnologías AR/VR a la hora de apoyar la impartición de formación?

Cuando los entrevistados fueron preguntados acerca de si las tecnologías RA/RV pueden ejercer como herramienta de apoyo para la realización de acciones de formación, casi todos los participantes respondieron de manera afirmativa (ver Figura 3).

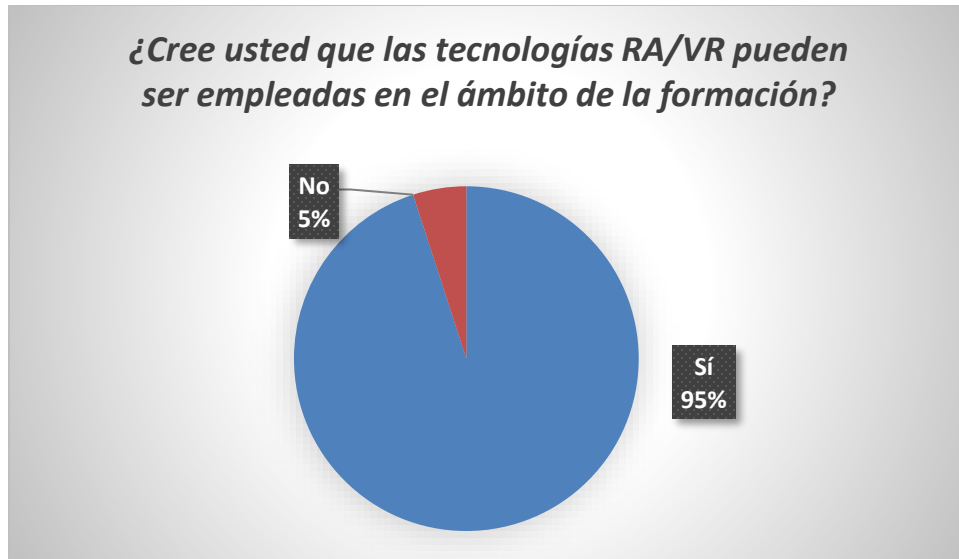


Figura 3: Respuestas a la pregunta *¿Cree usted que las tecnologías RA/VR pueden ser empleadas en el ámbito de la formación?*

Se preguntó a los participantes si ya habían utilizado herramientas AR/VR para realizar acciones de formación (Figura 4); la mayoría de los participantes respondieron la pregunta "sí", si bien debe tenerse en cuenta que la RA/RV se utilizó generalmente para la formación en otros ámbitos de fabricación y/o la producción, sin que ninguno de ellos haya recibido formación en el ámbito de la FA, apoyada por este tipo de herramientas.



Figura 4: Respuestas a la pregunta *¿Ha utilizado usted con anterioridad RA/RV para labores de formación?*

Los dos gráficos anteriores brindan una imagen clara de la aplicación de las tecnologías AR/VR en las organizaciones entrevistadas, en tal forma que todas las organizaciones aeroespaciales y proveedores de capacitación entrevistados conocen las tecnologías AR/VR, y hay en ambos grupos de entrevistados personal ya familiarizado con la tecnología, si bien los entrevistados a

niveles individuales pudieran no estar totalmente familiarizados con estas tecnologías, o distinguir claramente entre RA y RV. Dentro de cada grupo de entrevistados, se pudo advertir que existe un consenso de que estas tecnologías son adecuadas para su uso en el sector de la formación, y el 65 % de las organizaciones entrevistadas ha realizado ya un uso integrado de herramientas RA/RV en labores de formación.

Las siguientes citas parafraseadas brindan una mejor comprensión del papel actual de las tecnologías RA/RV en la capacitación de las empresas aeroespaciales:

Pregunta	Organización industria aeroespacial (algunas declaraciones)	Proveedor de formación (algunas declaraciones)
<p>¿Ha utilizado herramientas AR/VR para realizar labores de formación?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No lo hemos usado nosotros mismos, pero sé está considerando en la empresa. - Nuestra empresa ya está probando la tecnología RA en el campo del ensamblaje. Podríamos imaginar la misma configuración para los procedimientos de mantenimiento en una máquina AM. - Nuestra experiencia con RA/RV proviene de la implementación de dichas herramientas para brindar capacitación en soldadura por arco. La RA/RV puede utilizarse como sustituto en una etapa inicial del entrenamiento. Por encima de cierto nivel es más difícil de implementar ya que comienza a perder su utilidad. Al menos para la soldadura por arco, la experiencia es buena, la RA/RV se puede utilizar como una herramienta complementaria para la realización de capacitación práctica. - Principalmente hemos estado usando herramientas RA/RV en la capacitación gerencial. - Hemos estado usando RA/RV para un desafío de fabricación que hicimos una vez para el suministro rápido de ventiladores para pacientes con COVID. Después de eso, se compraron más MS HoloLens para respaldar la comunicación entre sitios donde se restringieron los viajes. Hemos establecido tres casos de uso: Formación, Asistencia Remota, Garantía de Calidad. Aunque el nivel de uso es relativamente bajo (se llevará a cabo una "auditoría" interna de uso), en algunos casos el uso de herramientas RA/RV ha demostrado ser muy útil, por ejemplo, 	<ul style="list-style-type: none"> - Estamos considerando usar herramientas RA/RV. - Para empresas que no tienen las instalaciones disponibles, que están lejos del centro de formación o que quieren simplemente ahorrar materiales y recursos, las herramientas AR/VR son muy efectivas. - Sí, se utiliza una herramienta de soldadura de realidad virtual. Esta herramienta no puede reemplazar completamente la experiencia real. Sin embargo, permite la simulación de escenarios muy complicados que no se pueden replicar fácilmente en la vida real, como soldar en diferentes posiciones.

	evitando que expertos técnicos clave viajen por el mundo para visitar diferentes sitios.	
--	--	--

Opiniones sobre el uso de AR/VR en el entrenamiento

Se preguntó a los participantes acerca de los aspectos negativos (limitaciones) y positivos (beneficios) que percibían en el uso de herramientas AR/VR en el ámbito de la formación. Algunas citas de los participantes son las siguientes:

Pregunta	Organización industria aeroespacial (algunas declaraciones)	Proveedor de formación (algunas declaraciones)
¿Prevé limitaciones en el uso de herramientas RA/RV para la formación práctica?	<ul style="list-style-type: none"> - Para la formación de nuestros operadores, nos hemos impuesto reglas internas aún más estrictas que las que especifica la norma. Por lo tanto, el contenido RA/RV también tendría que cumplir con nuestras reglas más estrictas. Este podría ser el caso de otras empresas también, lo que podría ser un desafío para la creación de contenidos. Sin embargo, la información básica podría transferirse a través de tecnologías RA/RV. - Después de un tiempo, cada máquina se volverá única a medida que se les haga más y más mantenimiento. Los entrenamientos estándar no podrían coincidir con el estado real de la máquina. Sin embargo, el entrenamiento básico debería estar lo suficientemente cerca. - Ponerse en el entorno RA/RV podría ser más complicado que la tarea que realmente tiene que hacer. - Los cascos/gafas a menudo no son la mejor solución. mín. 1 hora: la molestia de configurar la unidad (esto puede cambiar si se usa con más frecuencia). máx. 4 horas: incómodo de usar durante períodos prolongados. - Limitación si se van a realizar visualizaciones, por ejemplo, en zonas estrechas e inaccesibles de una máquina, etc., donde el operario tampoco tiene un buen 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere formadores altamente cualificados para impartir la formación. - Hay muchas variables que entran en juego cuando se habla de PBF-LB, y proporcionar una simulación que replique con precisión lo que sucede en la vida real puede resultar muy difícil. - Estas herramientas son caras. Es difícil crear escenarios complejos dentro de ellos. - La falta de sensación real. - Todavía no es 100% representativo de la realidad y aún necesita desarrollarse. - A veces los estudiantes no quieren usar las gafas, porque puede tener efectos secundarios. Algunos estudios científicos señalaron los efectos de mareos en la cabeza, náuseas, etc.

Pregunta	Organización industria aeroespacial (algunas declaraciones)	Proveedor de formación (algunas declaraciones)
	<p>acceso (limitaciones de diseño según tipo de actividad).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si solo ha sido entrenado virtualmente, no tiene ninguna sensación o percepción sobre las fuerzas que se necesitan para desbloquear o abrir algo. Cuando vuelves a la realidad, temas ser demasiado “contundente”, por esa falta de sensación de peso/fuerza. - Con RV, básicamente no hay preocupaciones, pero faltan los hápticos, lo que significa que el peso, por ejemplo, al llenar o decantar el polvo no se puede recrear. Esta sería probablemente la mayor dificultad. - Costo de las gafas, dependiendo de las tareas esto puede ser una limitación. - Para tareas más arriesgadas, es aún más importante tener las manos en la máquina (pero RA/RV puede ser una primera introducción). - Algunos empleados parecen reacios a adoptar nuevos enfoques. Idealmente, debería de haber alguien disponible para solucionar los problemas de TI. Los usuarios deben familiarizarse con el equipo antes de que comience la capacitación. - RA/RV no es tan efectivo como las clases presenciales donde las personas necesitan trabajar juntas. - Para aprovechar al máximo este enfoque, todos los asistentes deben sentirse cómodos/relajados. Algunos trabajadores “luchan” con los dispositivos RA/RV, en particular los trabajadores mayores y los que no tienen experiencia en video-juegos. - Complejidad para el tema de series cortas. Porque habría que desarrollar un modelo digital para cada caso de necesidad y podría no dar resultado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Si no se tienen gafas para cada estudiante, tienen que esperar los unos por los otros, lo que es una pérdida de tiempo. - Si un software no tiene buena calidad y resolución, estos contenidos tendrán un efecto secundario en los usuarios.

Las opiniones de los participantes sobre la percepción de limitaciones del uso de tecnologías RA/RV fueron bastantes similares, señalando la dificultad de recrear situaciones complejas o específicas, el coste de los medios necesarios, la reticencia del personal a su uso y la falta de realismo en ámbitos como la falta de sensaciones de peso y fuerza.

Por otro lado, los participantes declararon percibir una serie de beneficios y aspectos positivos del uso de la RA/RV:

Pregunta	Organización industria aeroespacial (algunas declaraciones)	Proveedor de formación (algunas declaraciones)
<p>¿Cuáles son los beneficios que advierte en el uso de herramientas RA/RV para la capacitación?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Pudimos hacer algunos ensayos en seco con un filtro sin polvo, pero podíamos imaginarnos haciéndolo en un entorno virtual para acercarnos aún más a la realidad sin tener las máquinas en funcionamiento. - La RA/RV podría ayudar a abordar varios sentidos al mismo tiempo, lo que aumenta el éxito del aprendizaje. - Posibles aplicaciones: manejo de sustancias peligrosas, seguridad y salud. - Seguramente en el área de cambio de filtro o para configurar la máquina. Tenemos la configuración de la máquina descrita en papel o en PDF. Las herramientas digitales podrían facilitar las cosas, también cuando hablamos de documentación y control de calidad, pero también de la seguridad de los trabajadores. - Hay dos áreas de aplicación. Uno es la formación inicial y el otro es el apoyo digital durante la ejecución de las tareas. - El cambio de filtro fue la parte más “aterradora” del entrenamiento, con el resto nos sentimos bastante cómodos. Si pudiera encontrar una manera de enseñar el cambio de filtro sin exponer a alguien al riesgo, entonces debería hacerlo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es realmente útil para la demostración de máquinas, por lo que es realmente útil para los asistentes. Por ejemplo, limpiar la cama de polvo y cómo se vería eso si no pueden estar en el lugar. Creo que sería muy útil. - Se puede usar para limitar los riesgos que siempre pueden ocurrir durante la capacitación, puede realizarlos mediante realidad aumentada o realidad virtual. - Puedes ahorrar recursos y tienes mucha más disponibilidad y flexibilidad para realizar el proceso como quieras. - Estas tecnologías pueden amentar la seguridad para tareas peligrosas. - Proporcionan entradas visuales a los estudiantes. - Puede hacer un prototipo o en la vida real puede evitar el desperdicio de materiales.

La mayoría de los participantes declararon que las herramientas RA/RV son útiles como elemento de protección ante el manejo de productos químicos y tareas peligrosas, evitando asimismo el desperdicio de materiales en labores de formación con máquina real. Asimismo,

aportan nuevas posibilidades a los formadores, y los usuarios pueden obtener cierta sensación de realismo acerca de las actividades en las que reciban formación.

Papel de RARV en la formación durante y tras el COVID-19

Es innegable que el COVID-19 ha tenido un gran impacto en las actividades de formación. Tanto las organizaciones entrevistadas en la industria aeroespacial como los proveedores de formación realizaron comentarios acerca de cómo el COVID-19 ha afectado los procesos formativos:

Pregunta	Organización industria aeroespacial (algunas declaraciones)	Proveedor de formación (algunas declaraciones)
<p>¿Cómo cambió/está cambiando el COVID-19 la forma de realizar la formación?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Siguiendo todos los protocolos de seguridad, pudimos realizar la capacitación in situ en el centro de capacitación de OEM. - Una capacitación tuvo lugar dentro de COVID, que se pudo ejecutar en el lugar, siguiendo todos los protocolos de seguridad. Para algunas capacitaciones, solicitamos sesiones de capacitación en línea. - El COVID cambió absolutamente la forma en que realizamos la formación. Ya no existe la capacitación personal presencial, pero existen algunas barreras que la capacitación remota no puede abordar, como la interacción personal y el nivel de atención de los participantes durante toda la sesión. - El COVID-19 fue muy disruptivo para la formación: se adoptaron plataformas en línea y redes sociales. También estamos evaluando nuevas plataformas de capacitación en línea, como EDX y Udacity. 	<ul style="list-style-type: none"> - Durante el COVID-19, impartieron solo formación teórica. - Nadie había pensado antes en la formación en línea, pero hoy en día casi todos los estudiantes optan por esa modalidad. Ello tiene algunas consecuencias positivas y negativas. En el lado positivo, las personas pueden asistir a cualquier formación desde cualquier lugar, sin perder tiempo en traslados a los centros de formación. En el lado negativo, estando en casa pueden existir otras responsabilidades domésticas, de tal forma que en estas condiciones la eficiencia de la formación puede disminuir. - Trasludamos todas las formaciones a la plataforma en línea. Proporcionamos el software utilizado en la capacitación a los estudiantes con ordenadores portátiles. En cuanto pudimos realizar las formaciones cara a cara, nuestras capacitaciones volvieron a la modalidad presencial y práctica.

El COVID-19 afectó de manera particularmente negativa a la formación práctica, ya que ni los integrantes de la industria ni los proveedores de formación disponían en aquel momento de suficientes materiales de formación. Durante el COVID-19, las actividades de capacitación se centraron principalmente en la formación teórica, en tal modo que las brechas de formación práctica se cerraron cuando se pudo volver a realizar acciones presenciales.

La proliferación de tecnologías y la integración de la tecnología en la educación pueden respaldar la capacitación, pero según la mayoría de los participantes, las herramientas AR/VR no estarían en el momento actual en condiciones de reemplazar totalmente la capacitación presencial.

Pregunta	Organización industria aeroespacial (algunas declaraciones)	Proveedor de formación (algunas declaraciones)
<p>¿Se podrían utilizar las herramientas de AR/VR para sustituir la formación presencial, o es un complemento para apoyar las vías de formación convencionales?</p> <p>¿Cuál podría ser el papel de las herramientas AR/VR en la formación?</p>	<p>- Cuando compras tu primera máquina, es necesaria una formación presencial. Pero si tienes ya a un primer especialista formado y tienes colaboradores adicionales, podrías enseñarles virtualmente, y dicha persona formada podría realizar un apoyo práctico, reduciendo así el tiempo global dedicado a la capacitación. No creo que se pueda eliminar por completo el entrenamiento práctico, debería ser una combinación.</p> <p>- No como reemplazo. Puede utilizarse para reducir la duración del entrenamiento presencial.</p> <p>- No podemos enfatizar esto lo suficiente, pero contemplamos las herramientas AR/VR como complemento a las rutas de entrenamiento convencionales. De ninguna manera sustituiríamos el primer contacto en persona con el proveedor de tecnología, si es posible, en nuestras propias instalaciones. Para nosotros sería una herramienta de apoyo, o incluso la usaríamos para sesiones de entrenamiento complementarias, que requieran un nivel menor de inmersión.</p> <p>- Podría sustituir parcialmente a la pre-especialidad. Sería una herramienta complementaria. Muy interesante para reducir el personal que está dando formación a los nuevos operadores.</p> <p>- Flexibilidad de los escenarios que se pueden mostrar en cualquier momento,</p>	<p>- No puedo opinar sobre la AR, porque no es posible usar las gafas durante mucho tiempo y no es asequible proporcionar gafas a cada estudiante. Sin embargo, puedo decir que la realidad virtual podría reemplazarse al 100% con entrenamiento convencional.</p> <p>- No se puede dar de forma totalmente virtual. Estimo que hasta el 80% de la formación podría realizarse de forma virtual.</p> <p>- Podemos usar AR/VR en algunos temas particulares; sin embargo, no es posible reemplazarlo totalmente con entrenamiento convencional. Pero si quieres una formación práctica y debes esperar a que llegue, AR-VR sería una buena solución.</p>

	<p>especialmente para actividades que ocurren con poca frecuencia, por ejemplo, en máquinas que solo reciben servicio 2-3 veces al año.</p>	
--	---	--

2.4.2. Principales hallazgos de las entrevistas

Los resultados de las entrevistas con la industria y los proveedores de formación, el uso actual de AR/VR en la formación y las opiniones de los participantes sobre el tema han confirmado la idoneidad de trabajar en ámbitos como los que aborda el proyecto AREOLA. Tratamos de resumir a continuación algunos de los hallazgos más relevantes del proceso de entrevistas desarrollado:

- *Personal adecuado para recibir formación AR/VR.*

- El uso de la AR/VR es un enfoque válido para que los operadores capacitados y experimentados existentes eduquen a nuevos profesionales, quizás ubicados en otro lugar
- Es posible usar estas tecnologías para reforzar/refrescar la formación realizada previamente en modalidades prácticas. En este sentido, el contenido de formación adaptado para tecnologías AR/VR podría ser una alternativa adecuada para transmitir conocimiento a nuevos profesionales de manera confiable y adecuada. Por ejemplo, es uso habitual en algunas organizaciones usuarias de la tecnología que el personal a formar trabaje durante un tiempo inicial con personal ya experimentado, y que luego sean enviados al proveedor de la tecnología una vez han adquirido un conocimiento previo.
- Con la formación AR/VR, el esfuerzo requerido por el personal ya experimentado en formar a nuevas personas se podría reducir significativamente, sin reducir significativamente la calidad de la capacitación.
- Desde un punto de vista práctico, el uso de herramientas AR/VR es apropiado para la formación en el sector aeroespacial y puede contribuir a la formación práctica. En particular, su aplicación como introducción en aspectos como la seguridad y la salud, o en aplicaciones donde se utilizan materiales de alto costo, su implementación puede ayudar a reducir los accidentes laborales, prevenir daños a la maquinaria y conservar los recursos.

Si centramos nuestra atención en el ámbito de la seguridad y salud, la capacitación presencial de operadores suele comenzar con una introducción completa sobre la temática, incluyendo los equipos de protección personal. Durante la formación presencial, se presta atención continua a estos aspectos, y también se mencionan en el manejo de la máquina real. Sin embargo, parece haber una demanda adicional de formación continua en este ámbito en el sector

aeroespacial, que posiblemente podría satisfacerse con la ayuda de contenido digital.

- Por otra parte, algunas labores específicas, como por ejemplo el cambio de filtros, tiene cierto nivel de riesgo, porque el personal formado puede estar expuestos a condensados de polvo metálico; en casos como estos, las herramientas AR/VR brindan la oportunidad de realizar una capacitación totalmente segura, sin riesgos personales, y sin riesgo a su vez de alterar el funcionamiento de un equipo, que además suele utilizarse para producción.
- Gracias a las tecnologías AR/VR, los alumnos tienen la oportunidad de repetir las capacitaciones en cualquier momento. Especialmente en los procesos de e-learning, hace que la formación práctica sea más útil porque proporciona a los alumnos experiencias de la vida real a través de simulaciones del entorno. Además, la capacitación podría volverse accesible y menos costosa a través de herramientas AR/VR. El personal formado no tiene que viajar a ningún centro de entrenamiento.

- *AR/VR frente a entrenamiento convencional*

- Las herramientas AR/VR son recursos que potencialmente puede mejorar la calidad y la eficiencia de la formación. Sin embargo, debido a algunas limitaciones, estas herramientas no pueden reemplazar por completo la educación presencial, al menos actualmente.

Una limitación actual importante es la falta de detección y retroalimentación háptica durante el entrenamiento con AR/VR. Especialmente para los nuevos operadores de máquinas, es importante tener una buena idea de las fuerzas que requieren ciertas actividades.

- La selección del contenido adecuado para digitalizar va de la mano con su complejidad y el consiguiente uso de dispositivos AR/VR. Por un lado, la configuración del contenido AR/VR no debe complicar más y prolongar innecesariamente el contenido de aprendizaje real. Además, una unidad de aprendizaje coherente no debe exceder un cierto período de tiempo para evitar la incomodidad de usar los cascos/gafas, por ejemplo, durante un período prolongado.
- Al desarrollar contenido AR/VR, desviarse del estándar es un desafío que no debe subestimarse. Es particularmente importante identificar procesos estandarizados que sean igualmente relevantes para todas las organizaciones.

Incluso si los estándares/normas (como ISO/ASTM 52942) permiten que la capacitación completa se lleve a cabo virtualmente, las empresas aeroespaciales

no desean cambiar a una capacitación 100 % digital. De hecho, la mayoría de los encuestados cree que la formación convencional nunca debería sustituirse por completo por contenidos digitales. Estas herramientas se ven principalmente como un enfoque complementario útil.

- En el proyecto AREOLA, se debe encontrar el contenido correcto, como por ejemplo una situación altamente peligrosa y un trabajo que requiere mucho tiempo, a fin de encontrar la combinación más efectiva de capacitación en el sitio y capacitación digital.

3. Conclusión

Para poder llevar a cabo una evaluación final del PR1, volvemos a revisar ambas partes del análisis, la investigación de escritorio realizada primeramente ("Blended Learning & Extended Reality Screening") y los posteriores testimonios de la industria y los proveedores de capacitación, los cuales fueron recolectados a través de entrevistas. De la investigación documental surgieron dos tendencias claras:

- En primer lugar, que el perfil de formación profesional de los operadores de metal AM PBF-LB es muy adecuado para el uso extensivo de las tecnologías RA/RV.
- En segundo lugar, que, a primera vista, las actividades prácticas, como el trabajo de mantenimiento, son particularmente apropiados.

En PR3, estos primeros resultados preliminares se verifican nuevamente en detalle con la "Matriz de evaluación RE" desarrollada en PR1, y se comparan con los resultados de la entrevista antes de que finalmente entren en producción.

Si comparamos los resultados de este análisis teórico inicial con los desarrollos e ideas procedentes de las entrevistas, encontramos claros puntos de coincidencia. Un ejemplo de esto es el proceso de manejo del sistema de filtros de los sistemas PBF-LB, que ha sido mencionado con anterioridad. Desde el punto de vista de la industria y los proveedores de capacitación, no se forma en esta actividad específica de manera adecuada. Esto puede deberse a razones de seguridad, o simplemente a la falta de tiempo para realizar repetidamente operaciones críticas y/o complejas. Aparte de estos procesos más manuales, las empresas del sector aeroespacial también mencionaron contenidos de formación como salud y seguridad. Para este contenido de capacitación en particular, las herramientas RA/RV podrían servir principalmente para mejorar la claridad en la exposición y la involucración del personal formado.

Básicamente, el uso de tecnologías digitales RA/RV podría revolucionar la formación de estos contenidos y, con ello, aumentar significativamente la eficiencia y la eficacia.

4. Anexos

4.1. Anexo 1: Evaluación de aprendizaje combinado/realidad extendida

Objetivos del curso AREOLA		Análisis de Unidades Competenciales				Comentarios
Contenido	Horas de contacto	Formación presencial	Normas /estándares	Didáctica	ER	
CU00: Visión General sobre el Proceso de Fabricación Aditiva	3,5h					
Deposición de Energía Directa	0,5h			x		Más breve
Fusión de Lecho de Polvo	0,5h		x	x		Como repaso
Fotopolimerización	0,5h			x		Más breve
Inyección de Material	0,5h			x		Más breve
Inyección con Aglutinantes	0,5h			x		Más breve
Extrusión de Material	0,5h			x		Más breve
Laminación de chapas	0,5h			x		Más breve
CU15: Proceso de Fusión de Lecho de Polvo Metálico (PBF-LB)	14h					
PBF-LB Principios de Proceso	2h		x	x	x	Más breve
PBF-LB Sistema - Hardware y Software	4h	x	x		x	Más breve
PBF-LB Parametría	3h	x	x	x		Más breve
PBF-LB Materias Primas	2h		x	x		Más breve
PBF-LB Consumibles	2h		x	x		Más breve
Post-procesos	1h	x	x	x	x	
CU16: Aseguramiento de la Calidad en Procesos PBF-LB	7h					
Principios Generales de Calidad	2,5h	x	x	x		Más breve
Calidad de Máquina FA	1,5h	x	x	x		
Calidad de Piezas Fabricadas mediante FA	1h	x	x	x		
Inspección Visual	2h	x	x		x	
CU17: Seguridad, Salud y Medio Ambiente en Procesos PBF-LB	3,5h					
Seguridad, Salud y Medio Ambiente	3,5h	x	x	x	x	Implementación global
CU18: Hardware, Software y Configuración en Procesos PBF-LB	14h					
Requisitos de Configuración de Máquina PBF-LB	4h	x	x		x	Más breve
Check List previo de Fabricación	3h	x	x	x		APS/pAPS
Substrato, Materias Primas y Consumibles	3h	x	x	x		Más breve
Archivos de Fabricación	1h		x	x		
Documentación de Trabajo	2h	x	x	x		Más breve
Implementación Práctica de Procedimientos de Seguridad y Salud (durante la preparación de la	1h	x	x	x	x	Implementación global
CU19: Seguimiento y Gestión de la Fabricación de Piezas mediante Máquinas	3,5h					
Funcionalidades de Máquina	2h	x	x		x	Para práctica
Procedimientos de Seguridad, Salud y Medio	0,5h	x	x		x	¿Contenido?
Documentación	1h	x	x	x		APS
CU20: Post- Procesado de Piezas Fabricadas mediante PBF-LB	7h					
Operaciones Post-impresión 3D	3h	x	x		x	Más breve
Herramientas Manuales y Métodos de Post-Procesado	4h	x	x	x		Más breve
CU21: Mantenimiento de Sistemas PBF-LB	7h					
Aspectos Generales de Mantenimiento	2h	x	x		x	
Elementos Ópticos	0,5h	x	x		x	
Mantenimiento de Elementos de Máquina	1,5h		x		x	
Sistemas de Aporte de Gases	0,5h		x			¿Contenido?
Mantenimiento de Otros Elementos Auxiliares	1,5h	x	x	x	x	Más amplitud
Cambio de Material	1h		x	x	x	
CU48: Manejo de Polvo	7h					
Visión General sobre la Fabricación de Polvos	1h		x			¿Contenido?
Composición Química y Propiedades Físicas	2h		x	x		
Distribución de Tamaño de Partícula	0,5h		x	x		
Almacenamiento de Polvos, Manipulación, Envejecimiento y Documentación.	1,5h	x	x	x	x	Más amplitud
Reciclabilidad del Polvo	1h		x	x		Más breve
Seguridad y Salud en el Manejo del Polvo	1h	x	x	x	x	Más breve
CU49: Sistema Láser. Caracterización	7h					
Parámetros y Condiciones del Láser	2h	x		x		Opcional
Equipos de Medida	5h	x			x	Opcional
Total	74h					

4.2. Anexo 2: Matriz de evaluación de RA/RV

Crterios
Crterios de descarte (K.O)
¿Se dispone de los modelos 3D del equipamiento involucrado?
¿Hay contenido protegido por IP?
¿Existen impedimentos que provengan de la estandarización?
¿Están involucrados elementos/productos de terceras partes? (ej. Carro elevador, herramientas)
En caso de respuesta positiva a la pregunta anterior, ¿son sus modelos 3D accesibles?
Si no, ¿podemos sustituirlos? (ej. Modelos simplificados o vídeos)
¿Se están realizando desarrollos que podrían hacer el caso de uso obsoleto en un plazo breve de tiempo?
Clasificación de los Casos de Uso
¿Cuántos pasos están involucrados en la tarea? (<5 0 puntos, ≥5 10 puntos)
¿Incluye el caso de uso tareas predominantemente manuales? (sí = 10 puntos (ej. Manipulación mecánica/manual de
Caso de Negocio
¿Cuál es la base de máquinas instaladas? (<5 2 puntos, <25 4 puntos, <50 6 puntos, <100 8 puntos, <500 10 puntos)
¿Cuál será la base de máquinas instaladas en un año? (<5 2 puntos, <25 4 puntos, <50 6 puntos, <100 8 puntos, <500 10 p
¿Cuál será la base de máquinas instaladas en 3 años? (<5 2 puntos, <25 4 puntos, <50 6 puntos, <100 8 puntos, <500 10 p
¿Cuál es la frecuencia de la tarea a desarrollar? (Por favor, respuesta: en cada trabajo, diariamente, semanalmente, m
¿Es posible reducir o eliminar los desplazamientos para la formación aplicando RA/RV)? (completamente = 10 puntos, p
How much time can be saved through XR? (<30% = 3p; <60% = 6p; >60% = 10p)
¿Incrementaría el RA/RV la velocidad de la curva de aprendizaje? (sí = 10 puntos, no = 0 puntos)
Evaluación de Riesgos
El proceso podría ser interrumpido
La calidad de las piezas podría verse negativamente afectada
Los equipos podrían recibir daño
Existe riesgo para las personas

4.3. Anexo 3: Guion básico de entrevista.

Q1 – ¿Provee o tiene intención de proveer formación en el ámbito de la fabricación aditiva a equipo de trabajo?

Q2 – ¿Qué tipo de formación en material de fabricación aditiva está proveyendo?

Q3 – ¿Cómo lleva a cabo la formación práctica (de manera interna o con proveedores de maquinaria FA)?

Q4 – ¿Sabe en qué consisten las tecnologías de Realidad Virtual y Aumentada?

Respuesta: Sí – entonces solicitar una explicación acerca de la experiencia RA/RV

Respuesta: No – entonces aportar al entrevistado una descripción de la tecnología, equipamiento y algunos ejemplos de aplicaciones ilustrativas.

Q5 – ¿Tiene conocimiento sobre la capacidad de emplear las tecnologías AR/VR como soporte a la formación?

Q6 – ¿Ha utilizado con anterioridad dispositivos RA/RV para labores de formación?

Respuesta: Sí, proceda con las siguientes cuestiones adicionales:

- Q6.Y1 – ¿Qué herramientas se utilizaron y para qué aspectos de la formación?
- Q6.Y2 – ¿Qué resaltaría como aspectos positivos?
- Q6.Y3 – ¿Qué resaltaría como aspectos negativos?

Respuesta: No, proceda con las siguientes cuestiones adicionales:

- Q6.N1 – ¿Está considerando implementar en el futuro herramientas RA/RV para la formación?

Q7 – ¿Prevé alguna limitación para la aplicación de las herramientas RA/RV para la formación práctica?

Q8 – ¿Tiene usted alguna preocupación específica acerca del uso de tecnologías RA/RV para labores de formación? ¿Cuál es su opinión general sobre el uso de estas tecnologías para la formación?

Q9 – ¿Cuáles cree que son los beneficios de usar RA/RV para formación?

Q10 – ¿Podrían ser las herramientas RA/RV utilizados como sustitutivas de la formación presencial, o considera usted que serían más bien un complemento a los medios tradicionales? ¿Cuál considera usted que podrían ser el rol de las tecnologías RA/RV para la formación?

Q11 – ¿Cómo afecto el COVID-19 a la manera en que su organización desarrolla la formación?