

ENTREGABLE PROYECTOS— 2023-2024

**INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA A LA MEJORA DIMENSIONAL DE LAS
PIEZAS DE FABRICACIÓN ADITIVA MEDIANTE INSPECCIÓN
AUTOMATIZADA
“AURORA”**

Entregable: Transferencia de los resultados

Programa: Proyectos de I+D en CCTT en colaboración con empresas
Número de proyecto: 22300044

Expediente: IMDEEA/2023/16

Duración: Junio 2023-Noviembre 2024

Coordinado en AIDIMME por: Olga Jordá Ferrando



INSTITUTO VALENCIANO
DE COMPETITIVIDAD
E INNOVACIÓN



Financiado por
la Unión Europea

ÍNDICE

1	<u>OBJETIVO</u>	1
2	<u>INTRODUCCIÓN</u>	1
3	<u>ALCANCE</u>	3
4	<u>TRANSFERENCIA DE RESULTADOS</u>	4
4.1	METODOLOGIA Y RESULTADOS ALCANZADOS	4
4.2	PARTICIPACION DE EMPRESAS COLABORADORAS	7
4.2.1	CLÍNICA GIRONÉS	7
4.2.2	GH ELECTROTERMIA S.A.U.	11
4.2.3	VALVER SPEED AIR S.L.	15
4.2.4	CLAM DESARROLLO S.L.	18
5	<u>HOJA DE RUTA DE EXPLOTACIÓN</u>	22
5.1	RETOS	22
5.2	EXPLOTABILIDAD DE RESULTADOS.....	24
6	<u>CONCLUSIONES</u>	25

1 OBJETIVO

El propósito del presente documento es la identificación de las estrategias necesarias para abordar la futura explotación y transferencia de los resultados de investigación identificados en el proyecto “AURORA” de nº expediente IMDEEA/2023/16 , subvencionado a través del IVACE, financiado por la UE dentro del Programa FEDER de la Comunitat Valenciana 2021-2027.

Como punto de partida, el presente entregable describe la participación efectiva de las empresas en el proyecto. A continuación, identifica los elementos clave en la transferencia de los diferentes resultados alcanzados y finalmente se estructura como una guía diseñada para dirigir en el corto, medio y largo plazo, los esfuerzos de AIDIMME en la línea de i+D representada por el proyecto.

2 INTRODUCCIÓN

El propósito de acciones de transferencia de los resultados_ que pueden ser un proceso de fabricación, un procedimiento analítico, información científica, características de un material o producto o simplemente lecciones aprendidas entre otros_ de las investigaciones llevadas a cabo en AIDIMME, es la transferencia del conocimiento a donde este proceso de fabricación o procedimiento analítico puede tener funcionalidad. Es decir, entre AIDIMME_ quién dispone del conocimiento, experiencia operativa e historial del resultado_ y las entidades receptoras quienes necesitan adquirir dichos conocimientos y experiencia para aplicarlos en su línea de actividad.

Dichos resultados de investigaciones forman la base de un proceso de fabricación, una estrategia, validación de un proceso, así como un punto del que partir hacia próximas mejoras continuas. Son necesarios para continuar el desarrollo y posteriormente alcanzar la categoría de comercialización.

La dinámica de transferencia de resultados en AIDIMME, varía en base a la naturaleza de estos. Es decir, si los resultados son una metodología analítica, una materia prima, un producto final.

En general, un proceso de transferencia de tecnología está formado por seis principales fases:

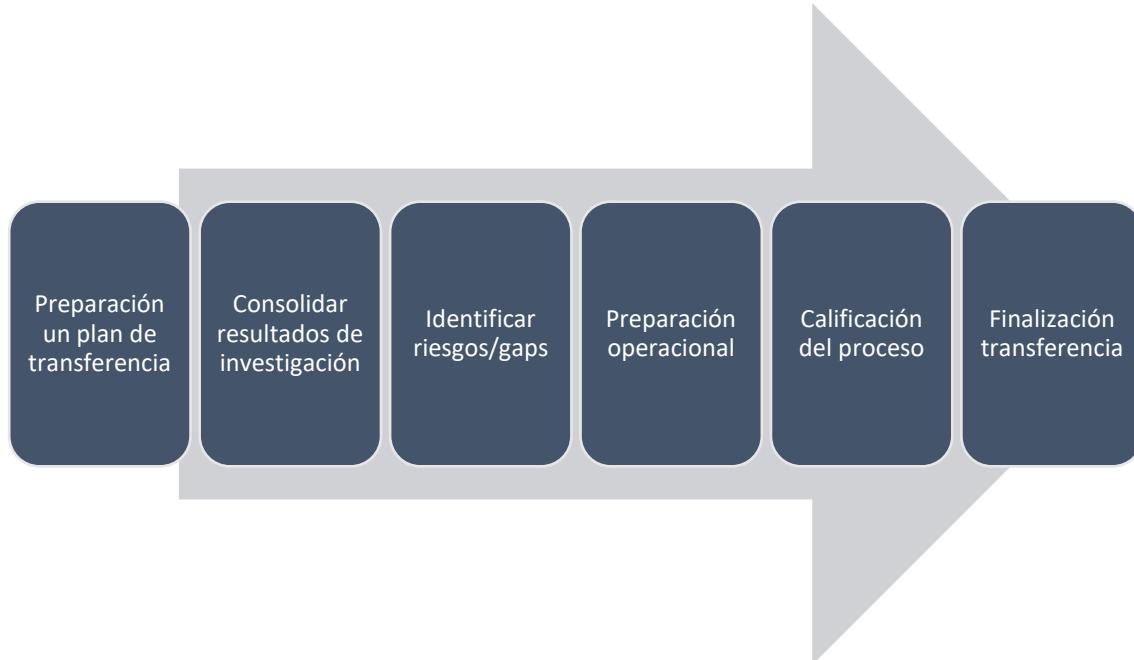


Ilustración 1. Esquema proceso de transferencia tecnológica

El proceso de transferencia se basa en la definición del alcance del concepto, de la tecnología, de los resultados alcanzados y alcanzables del proyecto de investigación, así como estimación de costes (CAPEX, OPEX), aspectos relacionados a la calidad, normativas, y gestión de material, etc.

En la presente tipología de proyectos, es clave el papel de las empresas colaboradoras en la articulación de este plan de transferencia.

AIDIMME incluye en su plan de transferencia de tecnología los siguientes componentes:

- Plan de ejecución del proyecto subvencionado (lista de paquetes de trabajo y su plazo de ejecución)
- Hitos y plazos
- Recursos materiales y humanos, así como presupuesto asociado
- Criterios de éxito: estimación cuantitativa de etapas hasta alcanzar objetivo marcado, anticipar rendimientos etc
- Definición de estructura y pauta de escalado
- Gestión de riesgos
- Estrategia comercial
- Estrategia reguladora
- Comunicaciones entre los investigadores involucrados en el proyecto y las empresas colaboradoras, receptores de resultados transferidos, entre otros destacan acuerdos firmados de colaboración, actas de reuniones,

videoconferencias, correos electrónicos.

- Informes de validación.

El éxito de una transferencia tecnológica apropiada depende en mayor medida en el nivel de excelencia en conocimientos y el rendimiento de los investigadores asociados a cada proyecto de i+D, tanto por parte de AIDIMME como los del personal de contacto por parte de las empresas colaboradoras.

3 ALCANCE

En los últimos años, las tecnologías de fabricación aditiva, así como los materiales que procesan, han evolucionado de tal modo que no solo sirven para hacer productos únicos o prototipos y piezas de validación, sino que están preparadas para la producción de un número considerable de piezas finales como son entre cientos y miles de piezas destinadas a ser producto final, con piezas iguales, pero también con piezas diferentes, o personalizadas. Las empresas están incluyendo estas tecnologías dentro de sus procesos productivos, y es necesario adaptar los sistemas de inspección a estos nuevos métodos de fabricación con el objetivo de controlar dimensionalmente las piezas que se producen. En ese sentido, las tecnologías aditivas no tienen la precisión dimensional de procesos como el mecanizado o la inyección, y además, hay procesos como los basados en lecho de polvo (PBF-IRL/P o PBF-LB/P), en los que interviene un proceso térmico, que en ocasiones afecta a las piezas, dando lugar a deformaciones o distorsiones de la geometría.

El objetivo general del proyecto es el desarrollo de un sistema automatizado para la identificación e inspección de piezas de polímero fabricadas con tecnologías aditivas, de forma rápida, precisa y sin intervención humana para el análisis mediante inteligencia artificial de las causas de las posibles desviaciones geométricas de las piezas. Para alcanzar este objetivo se han establecido los siguientes objetivos específicos:

- Evaluación de las desviaciones dimensionales de las piezas poliméricas fabricadas con tecnologías aditivas de lecho de polvo en función de diferentes variables del proceso de fabricación.
- Desarrollo de un sistema automatizado de identificación de piezas capaz de captar la información característica de dichas piezas.
- Desarrollo de un sistema automatizado de inspección de las dimensiones reales de una pieza y la comparativa con las dimensiones teóricas de dicha pieza.
- Desarrollo de un sistema de inteligencia artificial capaz de correlacionar las desviaciones de los defectos dimensionales de las piezas con las variables y características intrínsecas de la misma.
- Demostración del sistema para la identificación e inspección de casos reales.

Los resultados esperados del proyecto son los siguientes:

1. Identificación de las principales causas de las desviaciones dimensionales de las piezas poliméricas fabricadas con tecnologías aditivas en función de múltiples variables.
2. Desarrollo de un sistema automatizado de identificación, inspección y análisis de piezas para evaluar el origen de las desviaciones dimensionales.
3. Demonstración del sistema de inspección con casos reales.

4 TRANSFERENCIA DE RESULTADOS

La transferencia de tecnología comienza con un acuerdo formalizado entre AIDIMME y las empresas industriales de la Comunidad Valenciana, donde se ha detectado la aplicabilidad de los resultados del proyecto, por tanto, forman el grupo al que se dirigirá la transferencia de tecnología.

Es por ello que, en la fase inicial de definición de cada proyecto, firman AIDIMME y las empresas colaboradoras, un documento denominado “Declaración Expresa y Compromiso de Colaboración” que recoge los roles y responsabilidades, las fases y concepto de cada fase en las que participará la empresa colaboradora, los entregables desarrollados conjuntamente entre las dos partes, así como el método de comunicación, visita in situ, videoconferencias etc.

En el proyecto AURORA las empresas han colaborado activamente en las siguientes tareas:

- Tarea 4.1. Análisis de las desviaciones dimensionales de piezas de fabricación aditiva.
- Tarea 6.1. Identificación, selección de casos reales.
- Tarea 6.4. Validación del sistema de identificación, inspección con los casos reales.

4.1 METODOLOGIA Y RESULTADOS ALCANZADOS

A continuación, se muestra un resumen de las actividades técnicas del proyecto:

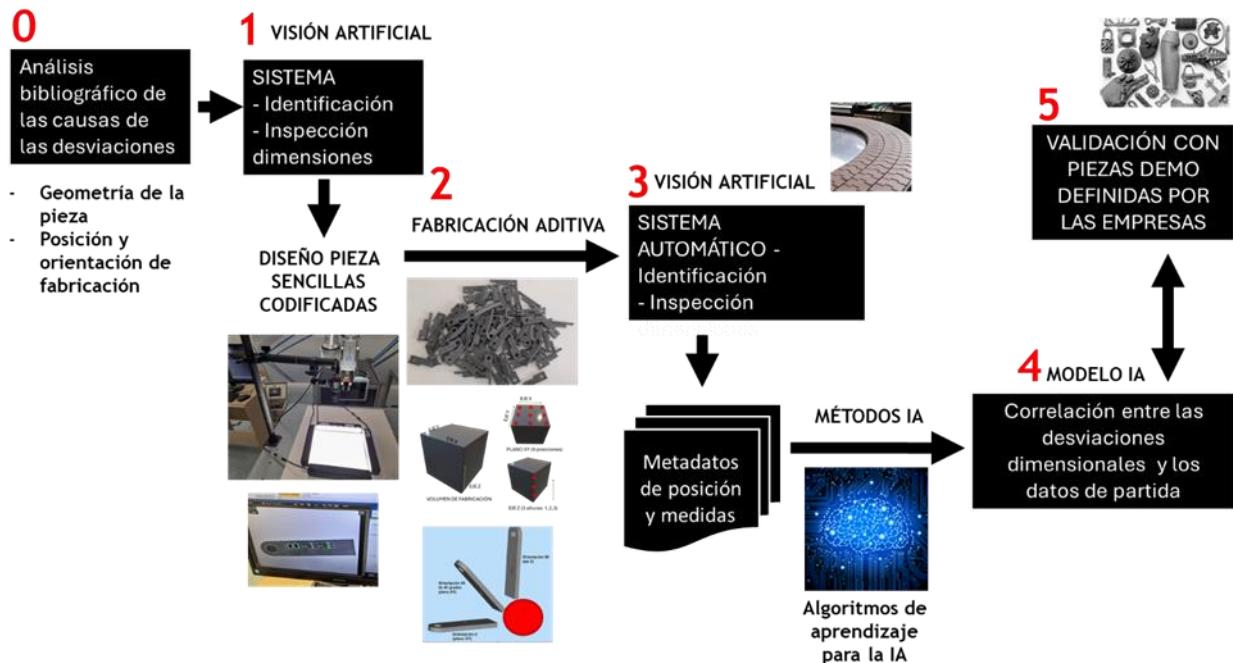


Ilustración 2. Resumen de las actividades técnicas del proyecto

0. Análisis bibliográfico de las causas de las desviaciones dimensionales para tecnologías de lecho de polvo polimérico.
1. Desarrollo de un sistema de identificación e inspección de piezas, mediante VISION ARTIFICIAL. La visión artificial es la capacidad de extraer información de las imágenes que se toman. Para ello se ha diseñado unas piezas sencillas y se han incluido diferentes códigos para conocer si la cámara es capaz de reconocer los códigos y realizar sencillas mediciones.
2. Una vez establecida la codificación, se ha definido conjuntos de tres piezas en diferentes posiciones y diferentes orientaciones todas ellas codificadas. El diseño de las piezas se ha establecido teniendo en cuenta las posibilidades de medición del sistema basado en visión artificial.
3. Mediante el sistema de visión artificial se capta la información de todas las piezas fabricadas generando un conjunto de metadatos que contienen la posición y medidas de cada una de las piezas. Se ha desarrollado un sistema de colocación semiautomática para la medición de las piezas
4. Los métodos como redes neuronales, los sistemas de máquinas de soporte vectorial, los árboles de decisiones son métodos de Inteligencia Artificial (IA) que enseñan a los computadores a procesar una gran cantidad de datos,

estableciendo el Modelo IA. Todos estos métodos requieren de algoritmos de aprendizaje. Para este aprendizaje se van a utilizar las muestras sencillas fabricadas en el paquete de trabajo 4. El fin de utilizar estos métodos de Inteligencia Artificial es que el sistema correlacione las desviaciones dimensionales detectadas con los datos de partida.

5. Con todo lo que ha aprendido el sistema, el objetivo final es validar las piezas demo propuestas por las empresas colaboradoras del proyecto. Con las piezas reales se comprueba la capacidad de predicción de desviaciones del sistema desarrollado.

Resultado esperado del proyecto	Resultado obtenido	Uso esperado del resultado	Potencial grupo usuario
Causa de las desviaciones dimensionales de las piezas poliméricas fabricadas con tecnologías aditivas en función de múltiples variables	Se ha establecido que la colocación de las piezas dentro del volumen de fabricación es clave para la reducción de las desviaciones dimensionales de las piezas. Siendo más crítica la orientación de la pieza que la posición de la misma dentro del volumen. Existen otros parámetros que no han sido estudiados en este proyecto.	Uso interno No comercial: mejora de las competencias y capacidades tecnológicas, conocimiento para futuras investigaciones y desarrollos.	Usuarios finales, transformadores de materiales de tecnología de fabricación aditiva
Sistema automatizado de identificación, inspección y análisis de piezas para evaluar el origen de las desviaciones dimensionales	Se ha desarrollado un sistema automático de identificación, inspección y análisis de las piezas. El sistema desarrollado en este proyecto constituye un prototipo a escala laboratorio que puede ser adaptado a otras aplicaciones industriales. Se ha desarrollado un modelo de Inteligencia Artificial basado en Machine learning a partir de los datos captados de las piezas sencillas	Uso interno No comercial: mejora de las competencias y capacidades tecnológicas, conocimiento para futuras investigaciones y desarrollos. Comercial: servicios de consultoría, transferencia de conocimiento, acuerdos de colaboración para nuevos desarrollos, licencia de explotación (fabricación y comercialización)	Usuarios finales, transformadores de materiales de tecnología de fabricación aditiva
Demonstración del sistema automatizado de inspección con casos reales	El sistema desarrollado es válido para piezas similares a la geometría sencilla a la que se ha utilizado para el desarrollo del proyecto.	Uso interno No comercial: mejora de las competencias y capacidades tecnológicas, conocimiento para futuras	Usuarios finales, transformadores de materiales de tecnología de fabricación

	<p>Se ha analizado la desviación dimensional de las piezas demo de forma manual y con el modelo de IA. Se ha realizado una comparación de los mismos y se obtiene una misma tendencia relacionando las desviaciones con las variables de entrada del sistema.</p>	<p>investigaciones y desarrollos.</p> <p>Comercial: servicios de consultoría, transferencia de conocimiento, acuerdos de colaboración para nuevos desarrollos, licencia de explotación (fabricación y comercialización)</p>	aditiva
--	---	---	---------

4.2 PARTICIPACION DE EMPRESAS COLABORADORAS

Las empresas colaboradoras (CLÍNICA GIRONÉS, GH ELECTROTERMIA S.A.U, VALVER SPEED AIR S.L. y CLAM DESARROLLO S.L.) han estado informadas del progreso del proyecto y han colaborado activamente en el desarrollo del paquete de trabajo 4 y 6. Las cuatro empresas colaboradoras son conocedoras y usuarias habituales de las tecnologías de fabricación aditiva. Dada su experiencia como usuarias de estas tecnologías y habiéndose enfrentado a las posibles desviaciones dimensionales de las mismas, su participación se centró en conocer su experiencia previa en las causas de las deformaciones (tarea 4.1), han aportado casos reales para la demostración de los resultados del proyecto AURORA (tarea 6.1) y han participado en la validación del sistema desarrollado (tarea 6.4).

A continuación, se detalla todas las actividades realizadas con las empresas colaboradoras durante el transcurso del proyecto.

4.2.1 CLÍNICA GIRONÉS

La CLÍNICA GIRONÉS, es una clínica podológica situada en Valencia que ofrece servicios de podología que van desde estudios biomecánicos especializados en la pisada hasta prácticas quiropodológicas habituales. Avalados por el ejercicio de la buena praxis y por una experiencia desarrollada a lo largo de más de 25 años. La tipología de producto que ofrece la clínica (plantillas ortopédicas a medida entre otros) se ajusta mucho al tipo de producto que tiene sentido producir mediante tecnologías de fabricación aditiva. Estas plantillas se ajustan para cada paciente y por tanto, la flexibilidad y ausencia de moldes que aportan éstas técnicas lo convierten en un producto con potencial para ser fabricado mediante técnicas aditivas. La clínica Gironés es usuario de estas tecnologías y por lo tanto tiene conocimiento de estas tecnologías. Su participación se ha

concentrado en la tarea 4.1 para conocer su experiencia con respecto a las desviaciones dimensionales detectadas, tarea 6.1 donde ha definido y diseñado una plantilla, específica para el estudio de desviaciones, con las medidas similares a las piezas sencillas utilizadas para el desarrollo de los algoritmos de aprendizaje y además se fabricó una plantilla de mayores dimensiones con el fin de disponer de piezas de mayor dimensión para la validación final del modelo de IA. La validación y comparativa que se ha realizado en la tarea 6.4 del proyecto.

Para el desarrollo del proyecto, la empresa Clínica Gironés ha diseñado una plantilla específica, con medidas similares a las piezas sencillas utilizadas para el desarrollo de los algoritmos de aprendizaje con una longitud de plantilla en torno a 70 mm. Dadas las pequeñas dimensiones de la plantilla, además se fabricó también una plantilla de mayores dimensiones realizando un escalado del fichero. De este modo a la hora de la validación se disponía de mayor información, comparando una pieza demo de dimensiones similares a las que se usaron para desarrollar los algoritmos y otra de mayores dimensiones y por tanto se comprobó la validez del sistema de IA con otras piezas.

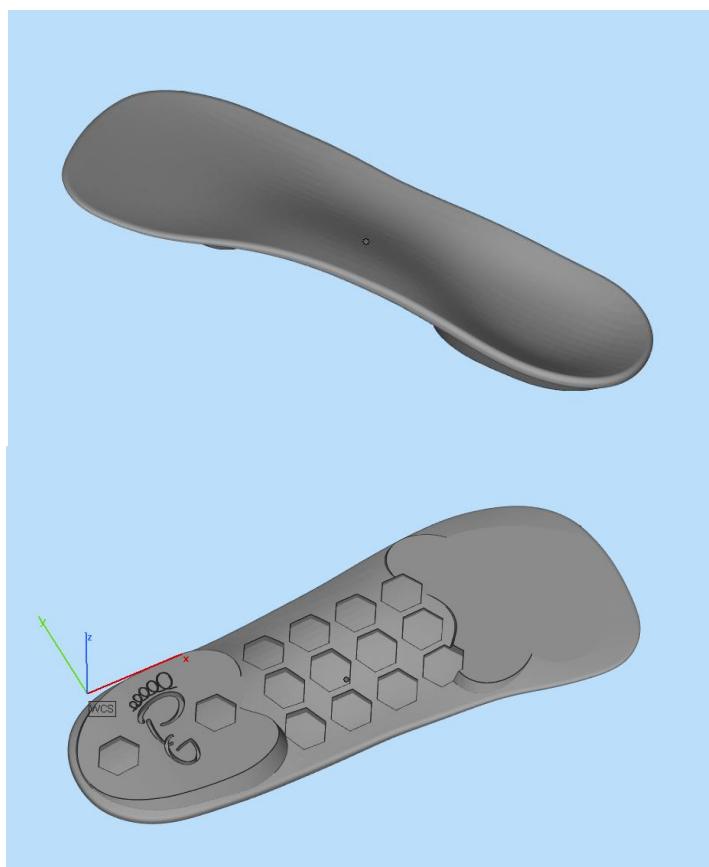


Ilustración 3. Diseño demo CLINICA GIRONÉS

Una vez la empresa le envió el diseño definitivo de las plantillas a AIDIMME, realizó el escalado de la misma y se codificaron todos los ficheros. Tras la codificación se preparó la fabricación colocando correctamente cada una de las piezas en la orientación y posición adecuada siguiendo las coordenadas establecidas. Se fabricaron 27 plantillas pequeñas y 27 plantillas dobles, en total 54 plantilla. A continuación, se muestran imágenes de las plantillas fabricadas codificadas.





Ilustración 4. Demo Clínica Gironés. Plantillas fabricadas

A continuación, se muestra con detalle las actividades realizadas con la empresa CLÍNICA GIRONÉS:

ACTIVIDAD	FECHA	DESCRIPCIÓN	TIPO DE EVIDENCIA
1	30/01/2024	Envío email invitación jornada	email
2	08/02/2024	Llamada para comentar que no asiste a la jornada por enfermedad y quedamos otro día	Llamada telefónica (no hay evidencia)
3	28/02/2024	Jornada proyecto AURORA. En la reunión se presentó los objetivos del proyecto y se mostró el progreso en el sistema de identificación e inspección que se estaba desarrollando. Se profundizó en las siguientes tareas, según lo indicado en el acuerdo de colaboración que se presentó en la solicitud: - Tarea 4.1(paquete de trabajo 4). Análisis de las desviaciones dimensionales de piezas de fabricación aditiva. La empresa ha participado indicando su experiencia como usuario de este tipo de piezas y añadiendo su opinión con respecto a las causas de las desviaciones dimensionales. - Tarea 6.1 (paquete de trabajo 6). Identificación, selección de casos reales. La empresa participa en esta tarea proponiendo un diseño de pieza que le interesa.	Acta_28_02_2024 fotografía
4	04/03/2024	Envío de información de la jornada	email
5	08/03/2024	Llamada a Francisco para confirmar los requisitos de la pieza demo que necesitamos	Llamada telefónica (no hay evidencia)
6	08/03/2024	La empresa envía el diseño de una plantilla específico para el proyecto. Vía correo electrónico, la empresa colaboradora en el proyecto CLINICA GIRONÉS ha enviado a AIDIMME el demostrador que ha diseñado para el proyecto AURORA correspondiente a la tarea 6.1 del proyecto. El demostrador es una plantilla diseñada exclusivamente para el proyecto, por su tamaño y su geometría, lo más sencilla posible dentro de las plantillas diseñadas por la empresa.	Email Acta_08_03_2024

		Enseñamos la plantilla fabricada y se acuerda hacer una más grande (escalada) para tener más datos en el proyecto. Se muestra a la empresa la plantilla fabricada según el fichero entregado el 8/03/2024 correspondiente a la tarea 6.1. Se acuerda con la empresa que además de la plantilla suministrada, se fabricará también una plantilla escalada con mayores dimensiones para tener más datos a la hora de validar el sistema desarrollado en el proyecto.	
7	14/03/2024		Acta_14_03_2024
8	23/05/2024	Email con info del progreso e imagen de las plantillas	email
		Visita a AIDIMME para mostrar progreso del proyecto, mostrar las piezas fabricadas, la desviación dimensional de las mismas y la noticia. Reunión técnica entre AIDIMME y la empresa CLINICA GIRONES, donde se muestra el progreso del proyecto. Se enseñan las piezas fabricadas del demostrador propuesto por la empresa (plantilla), tanto en el tamaño original como el doble del tamaño, fabricadas en distintas posiciones y orientaciones del volumen de fabricación. Se muestra los gráficos resumen con la evaluación dimensional de las piezas. Además, se muestra la noticia del progreso del proyecto que se ha preparado para su validación antes de ser publicada. Estas actividades están relacionadas con la siguiente tarea del proyecto:	
9	05/07/2024	Tarea 6.4: Evaluación de resultado y validación del sistema desarrollado. Conclusiones.	Acta_05_07_2024 Foto
10	08/07/2024	Email con las desviaciones dimensionales y petición del nuevo LOGO	email
11	23/07/2024	Email con la publicación de las noticias	email
12	15/10/2024	Email con invitación a jornada fin de proyecto	email
13	30/10/2024	Jornada fin de proyecto. Suspendida por las graves consecuencias de la DANA. Enviada cancelación por email.	email
14	29/11/2024	Envío de los resultados del proyecto AURORA, resultados del demo de la empresa y cuestionario para recoger los intereses en I+D de la empresa	email

4.2.2 GH ELECTROTERMIA S.A.U.

La empresa GH ELECTROTERMIA S.A.U es una empresa dedicada al desarrollo y fabricación de equipos industriales para calentamiento por inducción. Tiene una larga experiencia como usuario de tecnologías de fabricación aditiva tanto en polímero como en metal. En el caso de los polímeros fabrica piezas de alta complejidad cuya misión es reducir la elevada temperatura de las piezas metálicas sobre las que se aplica la

inducción mediante la pulverización de agua. Su participación se ha concentrado en la tarea 4.1 para conocer su experiencia con respecto a las desviaciones dimensionales detectadas, tarea 6.1 donde ha definido y diseñado un demostrador con una forma sencilla así como una carcasa. La validación y comparativa de las desviaciones y las causas de estas con el modelo de IA desarrollado en la tarea 6.4 del proyecto.

En el proyecto, la empresa ha diseñado una pieza sencilla, una brida que tiene un mayor espesor respecto a las piezas utilizadas para el algoritmo de aprendizaje de la IA de este modo se validó el alcance del modelo de IA con otros espesores de pieza.

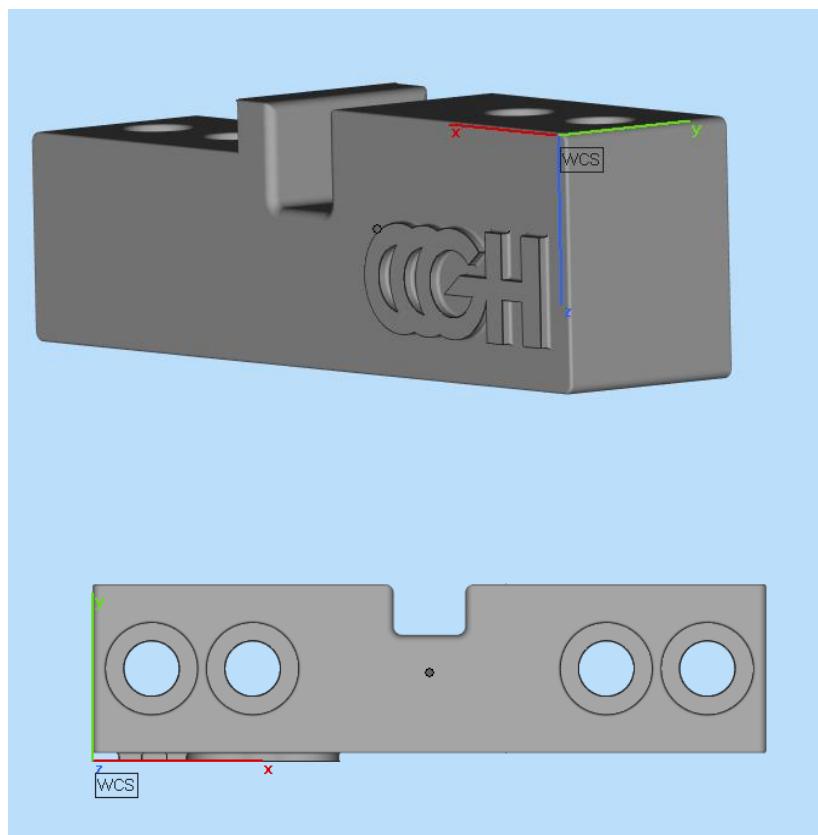


Ilustración 5. Diseño demo GH ELECTROTERMIA

Se codificaron todos los ficheros y se preparó la fabricación colocando correctamente cada una de las piezas en la orientación y posición adecuada, obteniendo 27 piezas. A continuación, se muestran imágenes de las piezas fabricadas codificadas.

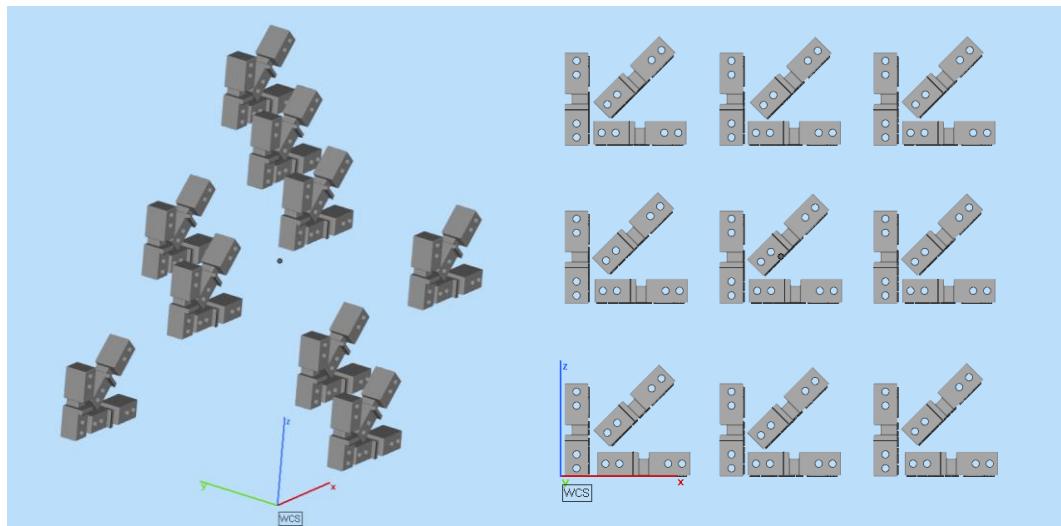


Ilustración 6. Demo GH ELECTROTERMIA. Preparación de la fabricación



Ilustración 7. Demo GH Electrotermia. Piezas fabricadas

A continuación, se muestra con detalle las actividades desarrolladas con la empresa:

ACTIVIDAD	FECHA	DESCRIPCIÓN	TIPO DE EVIDENCIA
1	30/01/2024	Envío email invitación jornada de AURORA	email
2	08/02/2024	Jornada proyecto AURORA. Presentación de los objetivos y el progreso del sistema de identificación e inspección de piezas. Ha colaborado en las siguientes tareas: - Tarea 4.1. Análisis de las desviaciones dimensionales de piezas de fabricación aditiva. La empresa ha participado indicando su experiencia como usuario de este tipo de piezas y añadiendo su opinión con respecto a las causas de las desviaciones dimensionales. - Tarea 6.1. Identificación, selección de casos reales. La empresa participa en esta tarea proponiendo un diseño de pieza que le interesa.	
3	12/02/2024	Envío de información de la jornada	email
4	11/03/2024	Reunión presencial en las instalaciones de AIDIMME, se ha mostrado el progreso del proyecto, en concreto sobre el diseño de las piezas para alimentar el algoritmo de aprendizaje. Se ha mostrado como ejemplo uno de los lotes de fabricación donde hay 81 piezas con los diferentes códigos (estado y evolución del pt4). Se ha hablado del progreso del PT5 y el PT6. Se ha comentado con detalle las condiciones que debe tener la pieza demo para el proyecto, relacionado con la tarea 6.1. Se identifica como pieza demo una brida sencilla que es un paralelepípedo con unos agujeros.	Acta 11_03_2024
5	14/03/2024	Envío de email recordatorio para definición de demostrador	email
6	14/03/2024	GH envía por email el fichero del demostrador	email
7	04/06/2024	Email con la fabricación de las piezas en distintas posiciones	email
8	05/07/2024	Email con la noticia para su validación	email
9	09/07/2024	Reunión en AIDIMME para ver las piezas fabricadas en distintas localizaciones en el volumen de fabricación y la desviación dimensional de las mismas	Acta_09_07_2024
10	23/07/2024	Email con la publicación de las noticias	email
11	30/09/2024	Entrega de una carcasa	Acta 30_09_2024
12	15/10/2024	Email con invitación a jornada fin de proyecto	email
13	30/10/2024	Jornada presentación de resultados. Suspendida por las graves consecuencias de la DANA	email
14	29/11/2024	Envío de los resultados del proyecto AURORA, resultados del demo de la empresa y cuestionario para recoger los intereses en I+D de la empresa	email
15	2/12/2024	Feedback de la empresa sobre los resultados e intereses en otros proyectos de I+D	email

4.2.3 VALVER SPEED AIR S.L.

La empresa VALVER SPEED AIR S.L es una empresa usuaria habitual de tecnologías aditiva tanto en polímero como en metal para el desarrollo de boquillas para pistolas de pintura, así como otros elementos de dichas pistolas. Las piezas producidas por VALVER tienen una alta complejidad geométrica y presentan aspectos que deben cumplir cierta repetibilidad dimensional. Su participación se ha concentrado en la tarea 4.1 para conocer su experiencia con respecto a las desviaciones dimensionales detectadas, tarea 6.1 donde ha definido y diseñado un demostrador, que es un elemento que debe encajar en otra pieza puesto que son los apoyos de una pieza tipo aro. Por lo tanto, debe tener una correcta dimensión geométrica para asegurar el correcto encaje de las piezas. La validación y comparativa de las desviaciones y las causas de estas con el modelo de IA desarrollado en la tarea 6.4 del proyecto.

Los técnicos de AIDIMME y de la empresa VALVER han trabajado juntos planteando el diseño del demostrador.

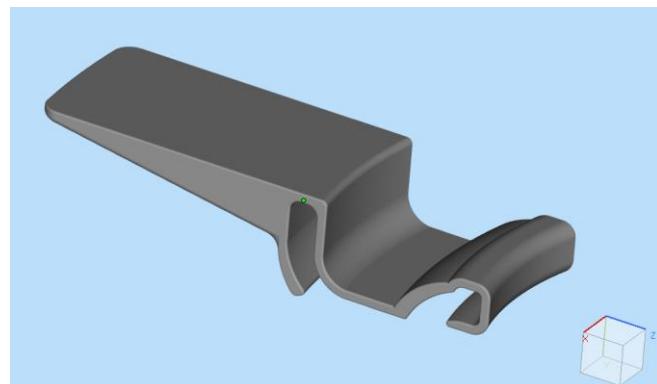


Ilustración 8. Diseño demo VALVER SPEED AIR



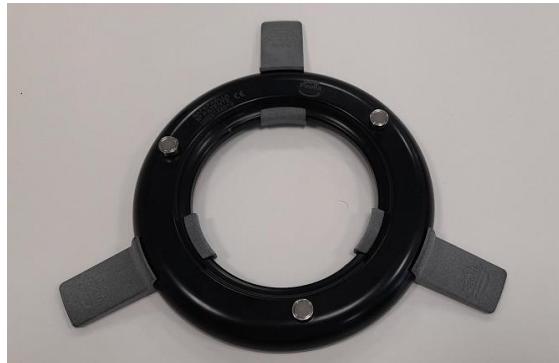


Ilustración 9. Demo VALVER SPEED AIR. Comprobación del funcionamiento de la pieza

Con el diseño definitivo se codificaron todos los ficheros. Tras la codificación se preparó la fabricación colocando correctamente cada una de las piezas en la orientación y posición adecuada, obteniendo 27 piezas. A continuación, se muestran imágenes de las piezas fabricadas codificadas.

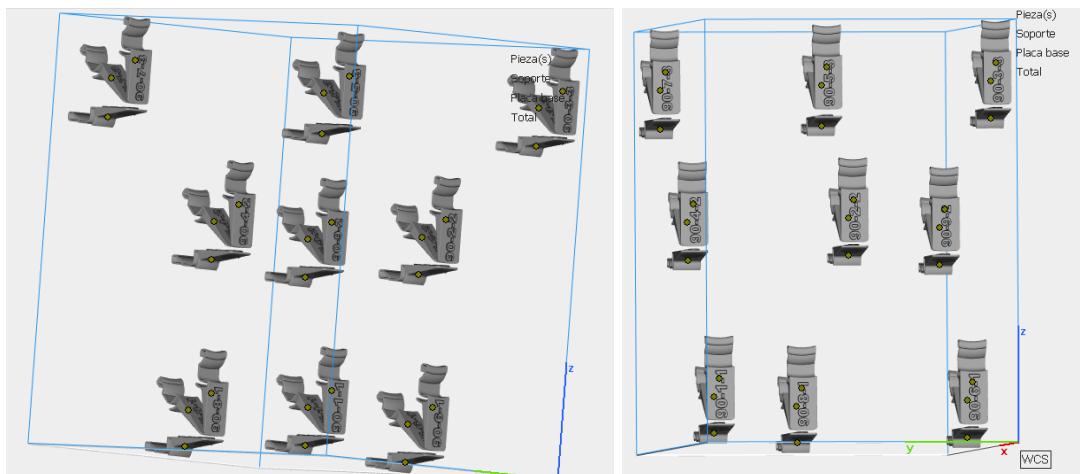


Ilustración 10. Demo VALVER SPEED AIR. Preparación de la fabricación



Ilustración 11. Demo VALVER SPEED AIR. Piezas fabricadas

A continuación, se muestra con detalle las actividades desarrolladas con la empresa:

ACTIVIDAD	FECHA	DESCRIPCIÓN	TIPO DE EVIDENCIA
1	30/01/2024	Envío email invitación jornada de AURORA	email
2	08/02/2024	Jornada proyecto AURORA. Presentación de los objetivos y el progreso del sistema de identificación e inspección de piezas. Ha colaborado en las siguientes tareas: - Tarea 4.1. Análisis de las desviaciones dimensionales de piezas de fabricación aditiva. La empresa ha participado indicando su experiencia como usuario de este tipo de piezas y añadiendo su opinión con respecto a las causas de las desviaciones dimensionales. - Tarea 6.1. Identificación, selección de casos reales. La empresa participa en esta tarea proponiendo un diseño de pieza que le interesa.	Acta_8_02_2024 fotografía
3	12/02/2024	Envío de información de la jornada	email
4	08/03/2024	Reunión presencial en las instalaciones de la empresa VALVER para buscar una pieza demo para el proyecto AURORA. En esta reunión se identifica una pieza de pequeño tamaño aproximadamente de 20x20x50 mm. Se trata de una extrusión (pata) como complemento de uno de los productos de la empresa. Relacionado con la tarea 6.1. Se propone desarrollar el demostrador y fabricar una primera pieza de validación antes de realizar la fabricación de todas las piezas requeridas en el proyecto.	Acta 8_03_2024
5	20/03/2024	Reunión online para definición del demostrador. Reunión técnica online entre AIDIMME y VALVER para discutir sobre los	Acta 20_03_2024 Pantallazo

		detalles del diseño de la pieza demo planteada por la empresa, modificando algunas cotas para ajustar el acople con la otra pieza. Esta actividad corresponde a la tarea 6.1 del proyecto.	
6	03/06/2024	Email con imagen demo fabricado en distintas orientaciones y posiciones	email
7	03/07/2024	Reunión técnica entre AIDIMME y VALVER en las instalaciones de la empresa. Se describe el progreso del proyecto, se muestra las piezas fabricadas en diferentes posiciones y orientaciones y el análisis de las desviaciones dimensionales detectadas de las mismas. Además, se muestra la noticia preparada para su validación antes de ser publicada. Esta actividad corresponde a la tarea 6.4 del proyecto.	Acta 03_07_2024
8	23/07/2024	Email con la publicación de la noticia	email
9	15/10/2024	Invitación para jornada fin de proyecto.	email
10	30/10/2024	Jornada fin de proyecto. Suspendida por las graves consecuencias de la DANA. Envío de cancelación.	email
11	29/11/2024	Envío de los resultados del proyecto AURORA, resultados del demo de la empresa y cuestionario para recoger los intereses en I+D de la empresa	email

4.2.4 CLAM DESARROLLO S.L.

Clam desarrollo S.L es una empresa con base tecnológica especializada en el desarrollo de productos y servicios innovadores aplicados a la industria. Destina la totalidad de sus recursos y esfuerzos a potenciar el I+D+i como gran línea estratégica de trabajo. Desde el año 2020, CLAM DESARROLLO ha dedicado parte de sus recursos en el desarrollo de materiales para tecnologías de fabricación aditiva para el procesado de polímeros termoplásticos. La empresa es usuaria habitual de tecnologías de fabricación aditiva, si bien, tiene más experiencia en tecnologías que procesan resinas más que de lecho de polvo, conoce y tiene experiencia del uso de las mismas. Su participación se ha concentrado en la tarea 4.1 para conocer su experiencia con respecto a las desviaciones dimensionales detectadas, tarea 6.1 donde ha definido y diseñado un demostrador que es un panel/estructura decorativa modular con una longitud mayor que las piezas sencillas utilizadas para el desarrollo de los algoritmos de aprendizaje, pero con un espesor similar a dichas piezas. La validación y comparativa de las desviaciones y las causas de las mismas con el modelo de IA desarrollado en la tarea 6.4 del proyecto.

Para el desarrollo del proyecto, se ha diseñado un panel decorativo modular, las piezas se pueden ensamblar unas con otras para obtener la pieza final deseada. Este demostrador implica unas dimensiones mayores de las utilizadas en las piezas utilizadas para el aprendizaje del modelo de IA y además las piezas deben encajar entre sí, motivo

por el cual es importante el control de las desviaciones dimensionales y la importancia de conocer cuál es la mejor posición y orientación de fabricación de la pieza.

AIDIMME y la empresa CLAM han trabajado juntas planteando varias alternativas de diseño: Las dimensiones básicas de cada módulo son aproximadamente 78 mm de ancho x 120 mm de alto. Las piezas están en un plano recto (no curvo) para la correcta medición. Se consideraron varias alternativas de diseño de las que finalmente se seleccionó la siguiente opción.

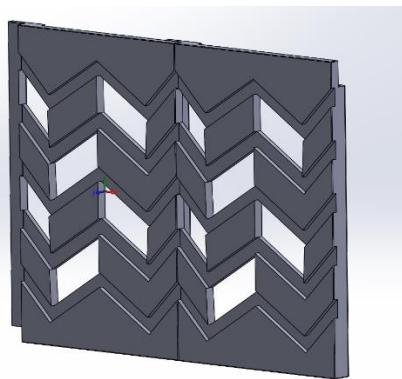


Ilustración 12. Demo CLAM DESARROLLO

Se codificaron todos los ficheros. Tras la codificación se preparó la fabricación colocando correctamente cada una de las piezas en la orientación y posición considerada. Se fabricaron dos lotes de piezas para la comprobación del encaje entre las piezas. Se fabricaron dos lotes de 27 piezas en total 54 piezas.

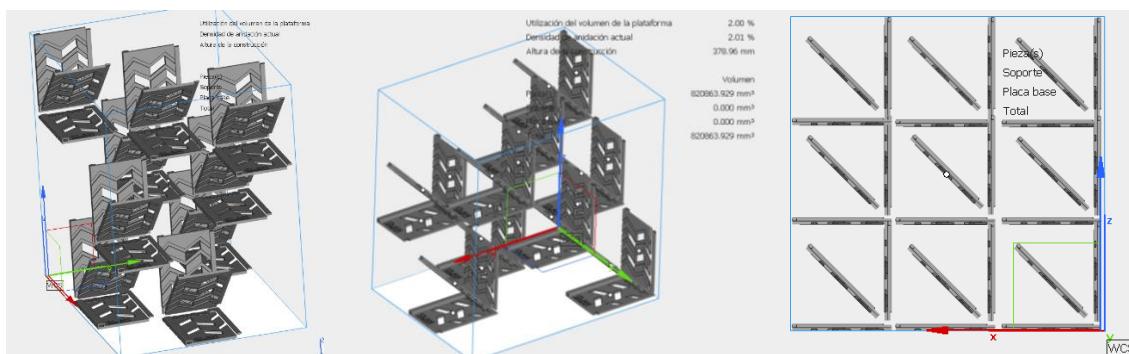


Ilustración 13. Demo CLAM DESARROLLO. Preparación de la fabricación

A continuación, se muestran las imágenes de las piezas fabricadas:

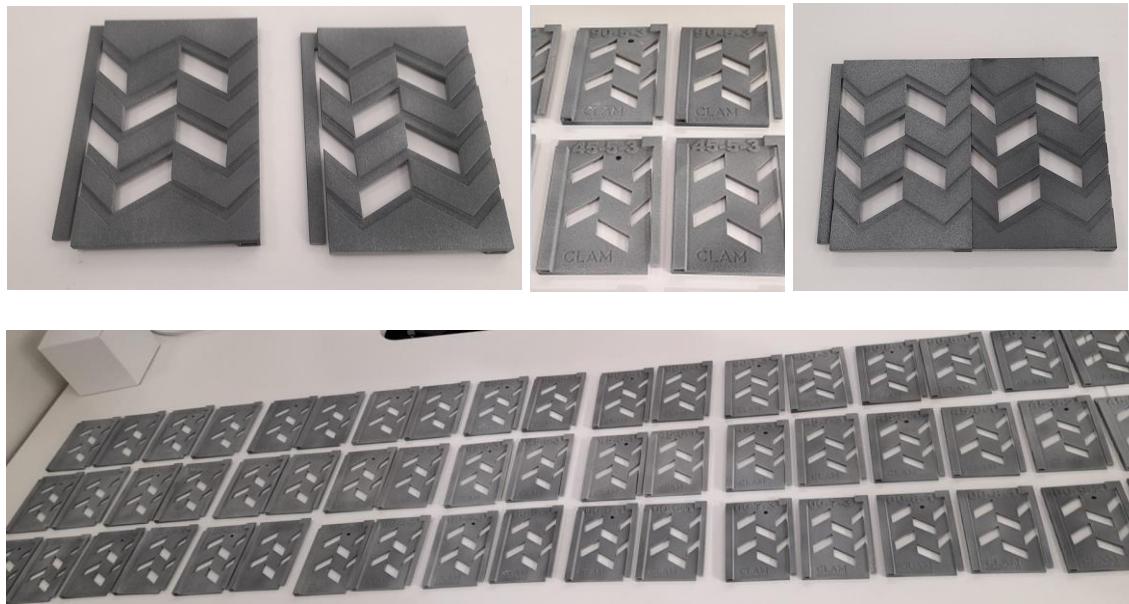


Ilustración 14. Demo CLAM DESARROLLO. Piezas fabricadas

Como la empresa CLAM desarrolló una resina para impresión 3D en máquinas de LCD, se fabricaron dos unidades con dicha resina (resina EP80) para comprobar sus resultados. En la Ilustración 15 se muestra como encajan las piezas y se observa que el ancho de las piezas es menor y por lo tanto no es correcto. La orientación de fabricación, la colocación de soportes y el tiempo de curado son factores clave para la fabricación con la tecnología LCD.



Ilustración 15. Demo CLAM DESARROLLO con la resina EP80

A continuación, se muestra con detalle las actividades desarrolladas con la empresa:

ACTIVIDAD	FECHA	DESCRIPCIÓN	TIPO DE EVIDENCIA
1	30/01/2024	Envío email invitación jornada de AURORA	email
2	08/02/2024	Jornada proyecto AURORA. Presentación de los objetivos y el progreso del sistema de identificación e inspección de piezas. Ha colaborado en las siguientes tareas: - Tarea 4.1. Análisis de las desviaciones dimensionales de piezas de fabricación aditiva. La empresa ha participado indicando su experiencia como usuario de este tipo de piezas y añadiendo su opinión con respecto a las causas de las desviaciones dimensionales. - Tarea 6.1. Identificación, selección de casos reales. La empresa participa en esta tarea proponiendo un diseño de pieza que le interesa.	Acta_8_02_2024 fotografía
3	12/02/2024	Envío de información de la jornada	email
4	13/03/2024	Invitación para una reunión para definición en colaboración de un demostrador para el proyecto	email
5	25/03/2024	Reunión online para definición de demo. Reunión técnica online entre AIDIMME y CLAM para comentar el progreso del proyecto y discutir sobre los detalles del diseño de la pieza demo que será un panel decorativo formado por dos placas con una estructura bidimensional que encajaran entre ellas. Se ajustaran las cotas para que las dimensiones sean las adecuadas para el análisis de las desviaciones dimensionales. Esta actividad corresponde a la tarea 6.1 del proyecto. Además de fabricar el demo con la tecnología de lecho de polvo se fabricará con la resina EP80 proporcionada por CLAM para fabricar también el demo con otra tecnología de fabricación aditiva y se compararan los resultados entre la fabricación del mismo demo con dos tecnologías aditivas.	Acta 25_03_2024 Pantallazo
6	23/05/2024	Email propuesta de demo	email
7	29/05/2024	Reunión técnica online entre AIDIMME y CLAM para la selección del demostrador que cumple con las premisas de CLAM y los requisitos establecidos para el proyecto AURORA. Esta actividad corresponde a la tarea 6.1 del proyecto. Se ha seleccionado la opción 3. Además de fabricar el demo con la tecnología de lecho de polvo se fabricará con la resina EP80 proporcionada por CLAM. Se compararán los resultados del mismo demo fabricado con dos tecnologías diferentes una de lecho de polvo y otra de resina.	Acta 29_05_2024 Imagen de la telco
8	03/06/2024	Email con imagen demo fabricado	email
9	13/06/2024	Email con imagen demo fabricado en distintas orientaciones y posiciones, total 54 piezas	email
10	05/07/2024	Email con la noticia para su validación	email
11	18/07/2024	Reunión técnica entre AIDIMME y CLAM en las instalaciones de AIDIMME donde se muestra el progreso del proyecto. Se enseñan las piezas fabricadas del demostrador propuesto de CLAM, en total 54 piezas que encajan de dos en dos entre sí, fabricadas en distintas posiciones y orientaciones del volumen de fabricación. Se muestra los gráficos resumen con el análisis dimensional de las piezas en función de su localización. También se muestra la misma pieza fabricada con la tecnología LCD y la resina EP80 desarrollada por CLAM. Estas actividades	Acta 18_07_2024

		están relacionadas con la tarea 6.4 del proyecto: Evaluación de resultado y validación del sistema desarrollado. Conclusiones	
12	18/07/2024	Email enviando gráficos con análisis dimensional de las piezas de CLAM	email
13	23/07/2024	Email con la publicación de la noticia	email
14	15/10/2024	Invitación para jornada fin de proyecto.	email
15	30/10/2024	Jornada fin de proyecto. Suspendida por las graves consecuencias de la DANA. Envío de cancelación.	email
16	29/11/2024	Envío de los resultados del proyecto AURORA, resultados del demo de la empresa y cuestionario para recoger los intereses en I+D de la empresa	email

5 HOJA DE RUTA DE EXPLOTACIÓN

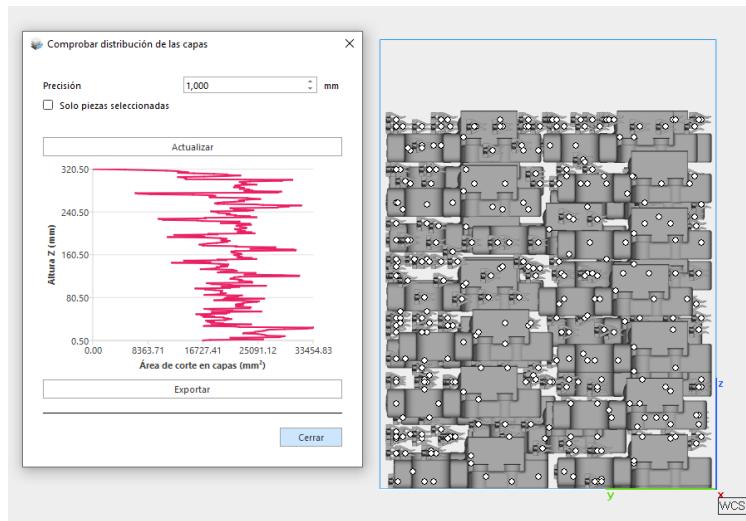
5.1 RETOS

Tras el desarrollo del proyecto se han obtenido un conjunto de resultados, pero a la vez se han detectados diferentes retos:

Resultado 1. Causa de las desviaciones dimensionales de las piezas poliméricas fabricadas con tecnologías aditivas en función de múltiples variables

Se ha establecido que la manera de colocación de las piezas dentro del volumen de fabricación es clave para la reducción de las desviaciones dimensionales de las piezas. Siendo más crítica la orientación de la pieza que la posición de la misma dentro del volumen. Existen otros parámetros que no se han previsto estudiar en este proyecto.

- Reto 1. Ampliar los parámetros o variables críticas que influyen en las desviaciones dimensionales como son otros ángulos de fabricación que suelen utilizarse como son 5, 15, 30 y 60 grados. Del mismo modo tener en cuenta si las piezas tienen otras piezas que se fabriquen cerca de la misma, ya que el proceso de enfriamiento del material se ve afectado por esto. También considerar la totalidad de piezas que se fabrican en una bandeja y como están distribuidas en el volumen de fabricación, medido con el parámetro distribución de superficie fundida por capa. La siguiente imagen muestra una distribución de superficie en el gráfico.



Otro parámetro influyente es la calidad del polvo. El polvo de poliamida que se utiliza suele ser un % de polvo usado con un % de polvo nuevo. Esta calidad del polvo también puede influir en las desviaciones dimensionales.

Resultado 2. Sistema automatizado de identificación, inspección y análisis de piezas para evaluar el origen de las desviaciones dimensionales.

Se ha desarrollado un sistema automático de identificación, inspección y análisis de las piezas. Este sistema está limitado a una geometría sencilla similar a la que se ha utilizado para el desarrollo del proyecto.

Se ha desarrollado un modelo de Inteligencia Artificial basado en Machine learning a partir de los datos captados de las piezas sencillas.

- Reto 2. Ampliar el rango de uso del sistema automatizado para piezas con distintas geometrías, mediante el acople de elementos para mejorar la colocación de piezas diferentes.
- Reto 3. Utilización de una cámara de visión artificial que permita la medición de las piezas de forma automática con mayor resolución.
- Reto 4. Utilización de piezas con geometrías muy distintas para el desarrollo de los algoritmos de aprendizaje sobre los que se generan los módulos de IA, de este modo se ampliará su uso a más tipología de piezas.

Resultado 3. Demonstración del sistema automatizado de inspección con casos reales.

El sistema es válido para piezas similares a la geometría sencilla a la que se ha utilizado para el desarrollo del proyecto. Se ha analizado la desviación dimensional de las piezas demo de forma manual y con el modelo de IA. Se ha realizado una comparación de los mismos y se obtiene una misma tendencia, aunque los valores difieren.

Superando los retos previamente descritos sería posible ampliar el uso de los modelos de IA a otro tipo de piezas.

5.2 EXPLORABILIDAD DE RESULTADOS

Dado que la hoja de ruta tiene un punto de partida y unos objetivos a alcanzar, la estrategia de AIDIMME es marcar un plazo y realizar un seguimiento de su progreso y evaluación escalonada durante intervalos predeterminados de tiempo para evitar la pérdida de su efectividad y actualizar dichos objetivos cuando proceda.

Resultado obtenido	Alcance de futuras investigaciones	Objetivo en corto plazo	Objetivo en medio plazo	Objetivo en largo plazo
Se ha establecido que la colocación de las piezas dentro del volumen de fabricación es clave para la reducción de las desviaciones dimensionales de las piezas. Siendo más crítica la orientación de la pieza que la posición de esta dentro del volumen. Existen otros parámetros que no han sido estudiados en este proyecto.	Relacionado con alcanzar el Reto 1. Ampliar los parámetros o variables críticas que influyen en las desviaciones dimensionales	X		
Se ha desarrollado un sistema automático de identificación, inspección y análisis de las piezas. Este sistema está limitado a una geometría sencilla similar a la que se ha utilizado para el desarrollo del proyecto.	Relacionado con los retos: Reto 2. Ampliar el rango de uso del sistema automatizado para piezas con distintas geometrías, mediante el acople de elementos para mejorar la colocación de piezas diferentes.			
Se ha desarrollado un modelo de Inteligencia Artificial basado en Machine learning a partir de los datos captados de las piezas sencillas.	Reto 3. Utilización de una cámara de visión artificial que permita la medición de las piezas de forma automática con mayor resolución. Reto 4. Utilización de piezas con geometrías muy distintas para el desarrollo de los algoritmos de aprendizaje sobre los que se generan los módulos de IA, de este modo se ampliará su uso a más tipología de piezas	X		

El sistema es válido para piezas similares a la geometría sencilla a la que se ha utilizado para el desarrollo del proyecto.	Relacionado con los retos: Reto 2. Ampliar el rango de uso del sistema automatizado para piezas con distintas geometrías, mediante el acople de elementos para mejorar la colocación de piezas diferentes.	X		
--	---	---	--	--

6 Conclusiones

La participación de las empresas ha sido clave en el desarrollo del proyecto ya que han aportado diseños y piezas que han mostrado las virtudes y deficiencias del modelo IA desarrollado, marcando los nuevos retos a estudiar para mejorar la predicción de desviaciones dimensionales en tecnologías como la analizada en este proyecto de lecho de polvo de polímero donde una multitud de variables relacionadas entre sí tienen una gran influencia.

AIDIMME

INSTITUTO TECNOLÓGICO

Domicilio fiscal —
C/ Benjamín Franklin 13. (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 366 070 | Fax 961 366 185

Domicilio social —
Leonardo Da Vinci, 38 (Parque Tecnológico)
46980 Paterna. Valencia (España)
Tlf. 961 318 559 - Fax 960 915 446

aidimme@aidimme.es
www.aidimme.es