

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Estudio de aplicación de diferentes tecnologías de Impresión 3D en el diseño y fabricación
de un rodete de impulsión de una bomba centrífuga
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2024/25 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Alejandro de Blas Sanz

Fecha: 22/07/ 2025

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Mariano Jiménez Calzado

Fecha://

Fdo.: Eva María Arenas Pinilla



Firmado
digitalmente por
52534434L EVA
MARIA ARENAS
Fecha: 2025.07.24
21:10:28 +02'00'



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO DE APLICACIÓN DE DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE IMPRESIÓN 3D EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN RODETE DE IMPULSIÓN DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA

Autor: Alejandro de Blas Sanz

Directores: Mariano Jiménez Calzado y

Eva María Arenas Pinilla

Madrid

ESTUDIO DE APLICACIÓN DE DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE IMPRESIÓN 3D EN EL DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN RODETE DE IMPULSIÓN DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA

Autor: de Blas Sanz, Alejandro.

Directores: Mariano Jiménez Calzado y

Eva María Arenas Pinilla

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

En este Trabajo Fin de Grado se ha diseñado, rediseñado e impreso un rodete de bomba centrífuga mediante diferentes tecnologías de fabricación aditiva. Se ha aplicado ingeniería inversa a un rodete físico para obtener su geometría digital y adaptarla a impresión 3D. El estudio compara tecnologías como SLA, FDM, MJF y CFR, analizando resultados técnicos y económicos.

Palabras clave: Rodete, Bomba centrífuga, Fabricación aditiva, Ingeniería inversa

1. Introducción

El avance de la fabricación aditiva ha permitido aplicar nuevas soluciones de diseño en componentes hidráulicos que tradicionalmente se fabricaban por métodos sustractivos o fundición. Entre estos componentes, el rodete de una bomba centrífuga destaca por su complejidad geométrica y su impacto directo en la eficiencia energética del sistema.

Este proyecto se enmarca en el contexto de modernización de procesos de prototipado y reparación de maquinaria hidráulica, explorando el potencial de las tecnologías 3D en entornos industriales y docentes.

2. Definición del proyecto

El objetivo principal del proyecto es diseñar e imprimir un rodete funcional de bomba centrífuga aplicando diferentes tecnologías de impresión 3D, evaluando tanto la calidad técnica como la viabilidad económica. Para ello, se escanea un rodete existente mediante un sistema de digitalización 3D con VXEelements, y se reconstruye su geometría con herramientas CAD (Solid Edge).

A continuación, se adapta el diseño para impresión, considerando las restricciones geométricas y materiales propios de cada tecnología: SLA (resina fotopolimerizable), FDM (filamento termoplástico), MJF (polvo fusionado con agente de fusión) y CFR (refuerzo continuo de fibra). Finalmente, se imprimen los prototipos y se analizan en laboratorio su acabado, precisión dimensional y posibles defectos.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

El modelo estudiado es un rodete centrífugo de impulsión hidráulica, empleado habitualmente en sistemas de bombeo industrial. La fabricación y la investigación de un rodete se ha llevado a cabo por su compleja geometría y las dificultades encontradas en su producción [1]. En consecuencia, se emplea un escáner láser portátil HandySCAN 3D SILVER Series (Creaform), que proporciona nubes de puntos de alta precisión para su posterior tratamiento.



Figura 1 Rodete a estudiar

Las herramientas software principales utilizadas son VXelements para la digitalización y postprocesado inicial, y Solid Edge para la reconstrucción paramétrica y adaptación CAD del rodete escaneado. Estos softwares permiten un procedimiento más sencillo para obtener el formato de archivo .stl y exportar directamente el modelo de malla desde el software integrado [2].

Para la fabricación aditiva se emplean diferentes tecnologías:

- SLA: Utiliza resina fotopolimerizable, proporcionando alta precisión y detalle superficial.
- FDM: Emplea filamento termoplástico fundido, adecuado para prototipos funcionales.
- MJF: Basada en la fusión de polvo polimérico mediante agentes específicos, produce piezas robustas.
- CFR: Reforzamiento de piezas FDM con fibra continua para aplicaciones estructurales.

Se emplean softwares específicos de laminado: PreForm (SLA), Ultimaker Cura (FDM, CFR) y HP SmartStream 3D Build Manager (MJF). Finalmente, los rodetes impresos se someten a pruebas de rendimiento y precisión dimensional en un laboratorio de fluidos.

4. Resultados

El análisis experimental muestra diferencias significativas entre tecnologías en precisión dimensional, resistencia estructural y eficiencia hidráulica. Los resultados indican que el material ABS (FDM) posee el mejor rendimiento total y, por el contrario, el material RIGID (SLA) consigue una altura mayor.

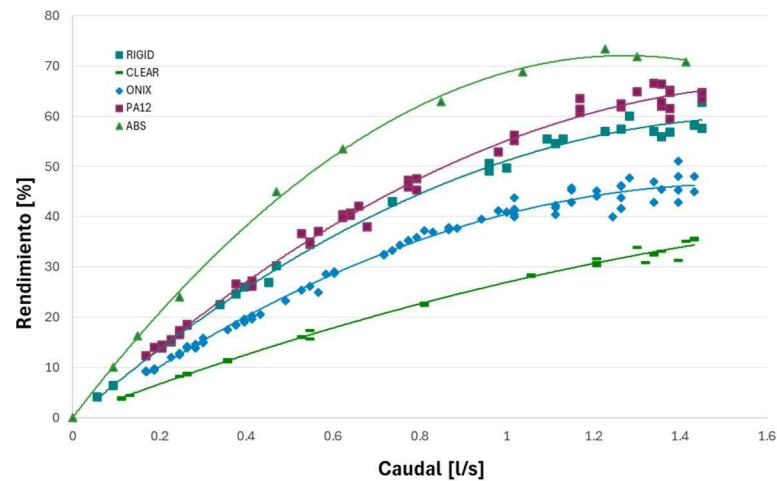


Figura 2 Rendimiento total - Caudal

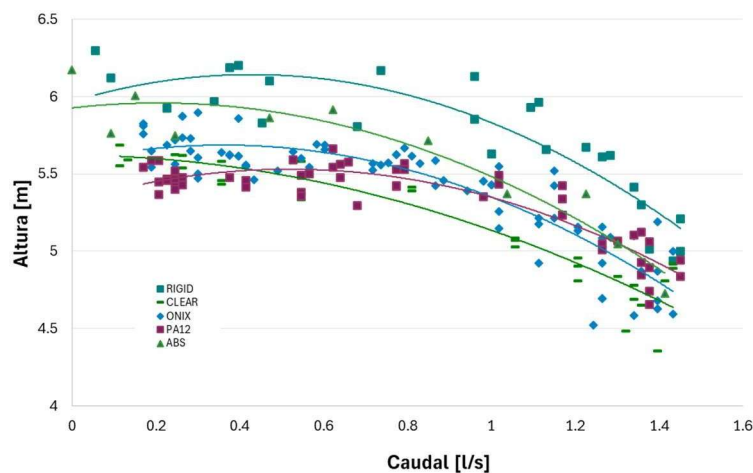


Figura 3 Curva Altura – Caudal

5. Conclusiones

El proyecto confirma la viabilidad técnica y económica de todos los procesos de la fabricación aditiva para producir rodets centrífugos funcionales. Se demuestra un proceso claro y conciso sobre los aspectos más útiles en una aplicación donde se requieren geometrías complejas y tiempos de producción reducidos.

6. Referencias

- [1] O. Babayiğit, S. Sefaci, and M. Şahbaz, “Usage of 3D printing technology in centrifugal pumps and material selection,” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C Journal of Mechanical Engineering Science*, vol. 238, no. 3, pp. 837–848, May 2023, doi: 10.1177/09544062231175789.
- [2] V. Szalai, A. Stratan, A. Ciutina, A. D. Clepe, and A. Ene, “Procedure for Generation of Finite Element Models of Steel Members from 3D Scanned Data,” in *Lecture notes in civil engineering*, 2024, pp. 154–164. doi: 10.1007/978-3-031-57800-7_14.

STUDY OF THE APPLICATION OF DIFFERENT 3D PRINTING TECHNOLOGIES IN THE DESIGN AND MANUFACTURE OF A CENTRIFUGAL PUMP IMPELLER

Author: de Blas Sanz, Alejandro.

Directors: Mariano Jiménez Calzado and

Eva María Arenas Pinilla

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

In this Final Degree Project, a centrifugal pump impeller has been designed, redesigned and printed using different additive manufacturing technologies. A physical impeller has been reverse-engineered to obtain its digital geometry and adapt it to 3D printing. The study compares technologies such as SLA, FDM, MJF and CFR, analyzing technical and economic results.

Keywords: Impeller, Centrifugal pump, Additive manufacturing, Reverse engineering

1. Introduction

The advancement of additive manufacturing has made it possible to apply new design solutions to hydraulic components that were traditionally manufactured by subtractive methods or casting. Among these components, the impeller of a centrifugal pump stands out for its geometric complexity and its direct impact on the energy efficiency of the system.

This project is framed in the context of modernization of prototyping and repair processes of hydraulic machinery, exploring the potential of 3D technologies in industrial and educational environments.

2. Project definition

The main objective of the project is to design and print a functional centrifugal pump impeller by applying different 3D printing technologies, evaluating both technical quality and economic feasibility. To do this, an existing impeller is scanned using a 3D digitization system with VXEelements, and its geometry is reconstructed with CAD (Solid Edge) tools.

Next, the design is adapted for printing, considering the geometric and material constraints of each technology: SLA (photopolymerizable resin), FDM (thermoplastic filament), MJF (powder fused with fusion agent) and CFR (continuous fiber reinforcement). Finally, the prototypes are printed, and their finish, dimensional accuracy and possible defects are analyzed in the laboratory.

3. Manufacturing processes

The model studied is a centrifugal impeller with hydraulic drive, commonly used in industrial pumping systems. The manufacture and research of a impeller has been carried out due to its complex geometry and the difficulties encountered in its production [1]. Consequently, a HandySCAN 3D SILVER Series (Creaform) handheld laser scanner is employed, which provides high-precision point clouds for further processing.



Figura 4 Impeller studied

The main software tools used are VXelements for initial scanning and post-processing, and Solid Edge for parametric reconstruction and CAD adaptation of the scanned impeller. These softwares allow a simpler procedure to obtain the .stl file format and directly export the mesh model from the integrated software [2].

Different technologies are used for additive manufacturing:

- SLA: Uses light-curing resin, providing high precision and surface detail.
- FDM: Employs fused thermoplastic filament, suitable for functional prototypes.
- MJF: Based on the fusion of polymer powder using specific agents, it produces robust parts.
- CFR: FDM Part Reinforcement with Continuous Fiber for Structural Applications.

Specific laminating software is used: PreForm (SLA), Ultimaker Cura (FDM, CFR) and HP SmartStream 3D Build Manager (MJF). Finally, the printed impellers are tested for performance and dimensional accuracy in the Fluids Laboratory.

4. Results

The experimental analysis shows significant differences between technologies in dimensional accuracy, structural strength and hydraulic efficiency. The results indicate that ABS (FDM) material has the best overall performance and, on the contrary, RIGID (SLA) material achieves a higher height.

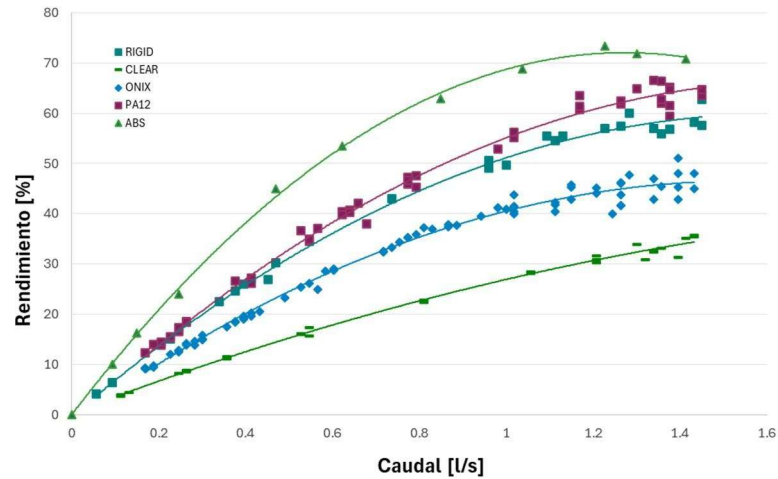


Figura 5 Total efficiency Curve

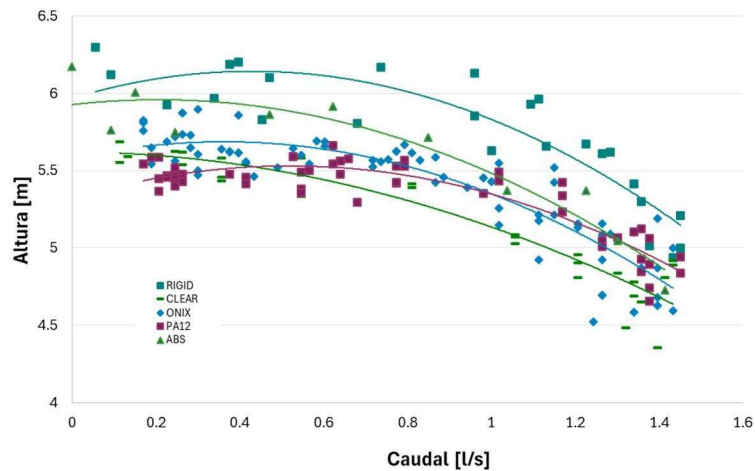


Figure 6 Head – Flow rate Curve

5. Conclusions

The project confirms the technical and economic feasibility of all additive manufacturing processes to produce functional centrifugal impellers. A clear and concise process is demonstrated on the most useful aspects in an application where complex geometries and reduced production times are required.

6. References

- [1] O. Babayiğit, S. Sefaci, and M. Şahbaz, "Usage of 3D printing technology in centrifugal pumps and material selection," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part C Journal of Mechanical Engineering Science*, vol. 238, no. 3, pp. 837–848, May 2023, doi: 10.1177/09544062231175789.

- [2] V. Szalai, A. Stratan, A. Ciutina, A. D. Clepe, and A. Ene, "Procedure for Generation of Finite Element Models of Steel Members from 3D Scanned Data," in Lecture notes in civil engineering, 2024, pp. 154–164. doi: 10.1007/978-3-031-57800-7_14.

ÍNDICE DE LA MEMORIA

<i>Índice de la memoria</i>	<i>I</i>
<i>Índice de figuras</i>	<i>IV</i>
<i>Capítulo 1. Introducción</i>	<i>7</i>
1.1 Motivación	7
<i>Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías</i>	<i>9</i>
2.1 Ingeniería inversa	9
2.1.1 Escaneado 3D	9
2.1.2 Software ingeniería inversa	9
2.2 Impresión 3D	10
2.2.1 Tecnologías de impresión	10
2.2.2 Software de laminado 3D	11
<i>Capítulo 3. Estado de la Cuestión</i>	<i>12</i>
<i>Capítulo 4. Definición del Trabajo</i>	<i>13</i>
4.1 Justificación	13
4.2 Objetivos	15
4.3 Metodología	16
<i>Capítulo 5. Modelo digital</i>	<i>17</i>
5.1 Análisis del Rodete	17
5.2 Ingeniería inversa	21
5.2.1 Escaneado general	24
5.2.2 Mejora previa a impresión	25
5.2.3 Tipos de formato de archivo	26
5.3 Impresión 3D	27
5.3.1 SLA	28
5.3.2 MJF	30
5.3.3 FDM	31

5.3.4 CFR.....	32
Capítulo 6. Ensayos	34
6.1 Rugosidad	34
6.2 Bomba centrífuga.....	36
Capítulo 7. Análisis de Resultados	39
7.1 Rendimiento volumétrico.....	41
7.2 Rendimiento hidráulico.....	41
7.3 Rendimiento mecánico	45
Capítulo 8. Análisis de costes	48
8.1 Costes de materiales.....	49
8.2 Coste de maquinaria y herramientas	50
8.3 Coste de mano de obra.....	52
8.4 Coste total	53
Capítulo 9. Conclusiones y Trabajos Futuros	54
Capítulo 10. Bibliografía	56
ANEXO I: CIRCUITO HIDRÁULICO	58
1. Equipo.....	58
2. Placa base	59
3. Depósito.....	59
4. Bombas	60
5. Rodetes	60
6. Válvula de entrada	61
7. Válvula de compuerta	61
8. Válvulas de salida de la bomba.....	62
9. Válvula “3-Way“	62
10. Sensor de caudal	63
11. Sensores de presión.....	63
12. Válvula de drenaje	63
13. Válvulas de drenaje.....	63
14. Sensor de temperatura.....	63

15. Motor	64
<i>ANEXO II: LABORATORIO DE FABRICACIÓN</i>	<i>65</i>
1. HandySCAN SILVER	65
2. Impresoras.....	66
3. Materiales	67
3.1. ABS	67
3.2. Clear V4.1	67
3.3. Onyx.....	68
3.4. PU Rigid 10K.....	68