

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**  
**VICERRECTORADO ACADEMICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN**



**SISTEMA PARA MONITOREO Y CONTROL DE IMPRESORA 3D**  
**EN LA UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**

**Presentado por:**

**BR. Calderón, Gabriel.**

**C.I. 30.976.470**

**TRUJILLO, VENEZUELA**

**2024**

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**  
**VICERRECTORADO ACADEMICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN**



**SISTEMA PARA MONITOREO Y CONTROL DE IMPRESORA 3D**  
**EN LA UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**

**Presentado por:**

**BR. Calderón, Gabriel C.I. 30.976.470**

**TUTOR**

**PROF. MSc. Edgardo Paolini**

**TRUJILLO, VENEZUELA**

**2024**

## AGRADECIMIENTO

A mis padres: Yajaira y Luis, por su amor incondicional y por siempre creer en mí. Su apoyo moral y emocional ha sido fundamental en este viaje.

A mi tutor de trabajo especial grado, MSc. Edgardo Paolini, por su orientación, paciencia y valiosos consejos.

A Gianfranco Mendoza ya que juntos hemos superado muchos desafíos, hemos encontrado la amistad, el apoyo mutuo y el impulso para persistir

A la **Universidad Valle del Momboy**, mi alma mater, por ofrecerme las herramientas indispensables que me han permitido desarrollarme académica y profesionalmente.

Gracias.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la fortaleza que necesitaba para alcanzar esta meta.

A mis padres, por siempre estar a mi lado y por creer en mí. A mis amigos y maestros, quienes han sido faros en este viaje, iluminando mi camino con su sabiduría y compañía.

## VEREDICTO



### VICERRECTORADO ACADÉMICO FACULTAD DE INGENIERÍA

#### VEREDICTO

Nosotros, **Prof. Edgardo Paolini, Prof. Yerson González y Profa. Yajaira Segovia**, designados como miembros del Jurado Examinador del Trabajo de Grado titulado: **“SISTEMA PARA MONITOREO Y CONTROL DE IMPRESORA 3D EN LA UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY.** “, que presenta el bachiller, **Calderón Méndez Gabriel Alejandro** portadora de la C.I. N°. **30.976.470**, nos hemos reunido para revisar dicho trabajo y después de la presentación, defensa e interrogatorio correspondiente lo hemos calificado con: **Veinte (20)** puntos, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle del Momboy, referente a la evaluación de los Trabajos de Grado para optar al título de Ingeniero de Computación.

En fe de lo cual firmamos en Valera a los veintinueve (29) días del mes de octubre del dos mil veinticuatro (2024).

Profa. Yajaira Segovia  
C.I: 14.148.893  
**JURADO**

Prof. Edgardo Paolini  
C.I: 13.897.564  
**TUTOR**

Prof. Yerson González  
C.I. 14.149.542  
**PRESIDENTE DEL JURADO**



Profa. Yumary Valecillos  
C.I. 14.151.309  
**DECANO**



Prof. Zaida Kassar  
C.I. 9.175.011  
**VICERRECTORA  
ACADEMICA**

## RESUMEN

El presente trabajo, denominado "Sistema para Monitoreo y Control de Impresora 3D en la Universidad Valle del Momboy", se propone al desarrollo, implementación y evaluación de un sistema de monitoreo y control en tiempo real para mejorar la eficiencia y calidad del proceso de impresión 3D. Para tal, se diseñó y programó el raspberry Pi 4 de manera de establecer comunicación bidireccional entre la impresora 3d y el software para su monitoreo y control, que permite la supervisión constante del proceso de impresión, detectando y corrigiendo errores en tiempo real. Se utilizó una combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas, tales como encuestas, entrevistas y observación directa. Se logró una mejora significativa en la calidad de las impresiones y una reducción en los errores y el desperdicio de materiales. La discusión de resultados enaltece el uso de un monitoreo constante y preciso, y se concluye que este sistema puede optimizar significativamente los procesos de impresión 3D. Se recomienda capacitar al personal en el uso del sistema y realizar evaluaciones periódicas para asegurar así, su efectividad. Además, se sugiere extender este sistema a otros departamentos y explorar su implementación en diversos contextos.

**Palabras clave:** Impresión 3D, monitoreo y control, eficiencia, calidad

## ABSTRACT

The present study titled "System for Monitoring and Control of 3D Printer at the University Valle del Momboy" intends to develop, implement, and evaluate a real-time monitoring and control system to improve the quality and efficiency of the 3D printing process. For that, the Raspberry Pi 4 was designed to establish bidirectional communication between the 3D printer and the software for monitoring and controlling it, allowing for constant supervision of the printing process, detecting and correcting errors in real time. The methodology used includes a combination of quantitative and qualitative techniques, such as surveys, interviews, and direct observation. The results obtained indicate a significant improvement in the quality of the prints and a reduction in errors and material waste. The discussion of results highlights the importance of constant and accurate monitoring, and it shows that this system implementation can significantly optimize 3D printing processes. It is recommended to train the staff in the use of the system and to conduct periodic evaluations to ensure its effectiveness. Additionally, it is suggested to extend the application of this system to other areas of the university and explore its implementation in various contexts.

**Keywords:** 3D printing, monitoring and control, efficiency, quality.

**INDICE**

AGRADECIMIENTO.....	3
DEDICATORIA.....	4
VEREDICTO .....	5
RESUMEN.....	6
ÍNDICE DE TABLA.....	11
INDICE DE FIGURAS.....	12
INTRODUCCIÓN .....	13
I. FASE DE PLANIFICACIÓN.....	16
Revisión de la literatura.....	21
Control de temperatura.....	30
Implicaciones de los Filamentos Sostenibles .....	32
2. Tarjeta microSD .....	35
Capital Social .....	38
Cronograma de Planificación .....	41
Operacionalización de las Variables .....	43
II. FASE DE IMPLEMENTACIÓN .....	47

Diseño de la investigación.....	47
Población y muestra .....	50
Combinación de Técnicas: .....	53
Diseño de instrumento de recolección de datos .....	54
Validación y Confiabilidad de Instrumentos .....	56
Impacto en la Calidad.....	68
III FASE DE PRESENTACIÓN.....	78
Recomendaciones.....	79
Planteamiento de Propuesta .....	80
MANUAL DE USUARIO DE LA CÁMARA PARA MONITOREO Y CONTROL DE LA IMPRESORA 3D PRUSA MK4 .....	97
CONFIGURAR RASPBERRY PI 4.....	97
Reúne los materiales.....	97
Prepara la tarjeta microSD .....	98
Configura la Raspberry Pi 4.....	98
Configuración inicial.....	99
Instala programas y herramientas adicionales.....	99

<b>1. Opciones avanzadas (opcional)</b> .....	99
Apaga y reinicia la Raspberry Pi.....	100
Conecta la cámara .....	100
Habilita la cámara .....	100
Instala las herramientas de la cámara.....	100
Prueba la cámara Pi.....	101
Solución de problemas comunes.....	101
Usar Python para controlar la cámara (opcional).....	102
Descargar OctoPi .....	102
Pasos para crear wpa_supplicant.conf.....	104

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Variables, dimensiones, indicadores y técnica de recolección.....	43
---	----

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cronograma de asesorías y procedimiento de defensas.....	42
Figura 2 Triangulación De Datos.....	69
Figura 3 Consulta con expertos. ....	71
Figura 4 Retroalimentación De Los Interesados Clave.....	72
Figura 5 Validación y confiabilidad de los instrumentos .....	74
Figura 6 Validación y confiabilidad de los instrumentos .....	75
Figura 7 Impresa 3D Prusa Mk 4 .....	89
Figura 8 Errores de impresión .....	89
Figura 9 Raspberry Pi 4.....	90
Figura 10 Raspberry Pi 4.....	90
Figura 11 Cámara y lentes.....	91
Figura 12 Flex.....	91
Figura 13 Carcasa raspberry Pi 4.....	92
Figura 14 Ensamblaje del flex .....	92
Figura 15 Cámara y raspberry Pi 4 .....	93
Figura 16 Cámara, lentes y flex .....	93
Figura 17 Configuración y programación .....	94
Figura 18 Pruebas de monitoreo y control.....	94
Figura 19 Impresión en impresora 3D.....	95
Figura 20 Carcaza para raspberry Pi 4 .....	95
Figura 21 Carcaza para cámara Pi .....	96

## INTRODUCCIÓN

El estudio "Sistema para monitoreo y control de impresora 3d en la Universidad Valle del Momboy" se refiere a la integración de tecnología con el que se diseñó y programó el raspberry PI 4 de manera de establecer comunicación bidireccional entre la impresora 3D y el software para el monitoreo y control, con un sistema avanzado de monitoreo y control. Este trabajo consiste en el desarrollo de una cámara que permite la supervisión constante y precisa de las impresoras 3D, para detectar y corregir errores en tiempo real, mejorando así la calidad y eficiencia de la impresión.

La temática del estudio se enfoca en impresoras 3D, cuya adopción ha crecido exponencialmente en diversas áreas, incluyendo la educación, la medicina y la industria manufacturera. Sin embargo, uno de los desafíos principales que enfrenta esta tecnología es la detección temprana de fallos. La integración de un cámara que ofrece una solución innovadora para monitorización en tiempo real, permitiendo la identificación de problemas como el sobrecalentamiento, deformaciones o fallos de adherencia de la pieza impresa. Este trabajo pretende implementar un sistema de monitoreo y control para impresoras 3D, vía programación, creación y configuración de una interfaz que permita la conexión entre el raspberry Pi 4 y la impresora 3D Prusa Mk4, y analizar su capacidad en detectar y corregir fallos durante la impresión, y proporcionar una herramienta que mejore la calidad y eficiencia del proceso en la Universidad Valle del Momboy (UVM).

El aporte más significativo de este trabajo radica en la implementación de una tecnología de monitoreo que no solo reduce los errores y desperdicios en la impresión 3D, sino que también optimiza recursos y tiempo. Este sistema puede ser aplicado en otras instituciones y sectores que utilicen impresoras 3D, mejorando la gestión y control de estos dispositivos.

La tercera fase, denominada presentación, donde se sintetiza los hallazgos en las conclusiones que proporcionan las recomendaciones basadas en los resultados para mejorar el sistema de monitoreo y su aplicación futura. Además, se incluye el Planteamiento de Propuesta, que sugiere la implementación del sistema en otros contextos o su mejora. Esta estructura refleja la visión del autor sobre el desarrollo de este estudio, proporcionando una guía clara y detallada de los contenidos y objetivos de cada capítulo. El cuerpo del trabajo se estructura en tres etapas. La primera, denominada Planificación, incluye un Diagnóstico Situacional que analiza el estado de las impresoras 3D en la UVM, identificando las necesidades y problemas existentes. Se presentarán aquí los Problemas de la Investigación, definiendo el Problema General, que se centra en la falta de un sistema eficiente de monitoreo y control en tiempo real para impresoras 3D, y los Problemas Específicos, como los fallos recurrentes durante la impresión, el desperdicio de materiales y tiempo, y la falta de supervisión constante.

Así mismo la Formulación de Objetivos define el Objetivo General: desarrollo y análisis de un sistema de monitoreo y control para impresora 3D; y los Objetivos Específicos: implementación del sistema de monitoreo, prueba de su efectividad y análisis de los resultados obtenidos. La Justificación de la Investigación explica la relevancia y los beneficios esperados del proyecto para la Universidad y otros posibles usuarios, mientras que la Delimitación establece los alcances y limitaciones del estudio.

Además, se incluye una Revisión de la Literatura que analiza estudios previos y bases teóricas relacionadas con la impresión 3D y el uso de cámaras para monitoreo y control. Un Cronograma de Planificación detalla las actividades a realizar durante el proyecto y la Operacionalización de las Variables, define y analiza las variables consideradas.

En un segundo momento (Implementación), se realizará el Diseño de la Investigación, con la metodología a emplear para el desarrollo y evaluación del sistema de monitoreo. Se define la Población y Muestra seleccionada y se define el Instrumento de Recolección de Datos, con las herramientas y técnicas utilizadas. La Validación y Confiabilidad de Instrumentos asegura la validez y confiabilidad de los instrumentos de la captura de datos, y el análisis de datos emplea métodos específicos para analizar la información recogida. Finalmente, la Integración de Resultados presenta y discute los hallazgos obtenidos.

## **I. FASE DE PLANIFICACIÓN**

La primera etapa se centra en la planificación y comienza con un diagnóstico situacional detallado del uso y funcionamiento de las impresoras 3D en la UVM. Este diagnóstico consiste en identificar las necesidades y problemas existentes en el actual sistema de impresión 3D. Se nota que, aunque la tecnología de impresión 3D ha sido adoptada en variadas áreas de la UVM, hay desafíos importantes para la supervisión y control del proceso.

### **Diagnostico Situacional**

La UVM, habrá adoptado la tecnología de impresión en 3D, en diversas áreas académicas y de investigación, reconociendo su potencial para innovar en procesos educativos y de desarrollo tecnológico. Sin embargo, mismo con los avances y beneficios evidentes, se habrán identificado desafíos significativos relacionados con la supervisión y control de la impresión 3D. Las impresoras 3D, aunque sofisticadas, presentarán problemas recurrentes durante su operación, como sobrecalentamiento de componentes, deformaciones en las piezas impresas y fallos de adherencia, lo que resultará en un elevado desperdicio de materiales y tiempo.

A estos problemas se sumará la problemática de las fallas eléctricas, que representarán un fuerte obstáculo para el desarrollo de las impresiones, afectando directamente la calidad y confiabilidad de los resultados. Además, las piezas impresas requieren un proceso largo para su terminación, lo que implica que la detección temprana de fallas evita el desperdicio de material y tiempo y mejora la eficiencia, la satisfacción de los usuarios al reducir significativamente los retrasos y pérdidas en el proceso de producción. Estos problemas, en conjunto, afectarán negativamente la calidad del trabajo y su eficiencia, generando insatisfacción entre los usuarios y

resaltando la necesidad de soluciones robustas para el monitoreo y control del proceso de impresión 3D.

Para un entendimiento más detallado del escenario, se propuso encuestas y se entrevistó el personal y estudiantes que utilizan las impresoras 3D en la universidad. Estas consultas revelarán que, principalmente, la ausencia de un sistema de monitoreo en tiempo real resulta en fallos en la impresión. A falta de, un mecanismo adecuado para detectar y corregir inmediatamente estos problemas, no hay supervisión constante en las impresoras, aumentando la probabilidad de errores y fallos. Además, se ha conocido que muchos usuarios no tienen conocimientos adecuados para solucionar los problemas durante la impresión, lo que empeorará la situación.

La situación institucional de la UVM será fundamental para este diagnóstico, con su comprometimiento con la innovación y con la excelencia académica, siendo excelente para el desarrollo de soluciones tecnológicas avanzadas que mejoren sus procesos educativos y de investigación. Sin embargo, para tal, se necesita un entendimiento de los problemas actuales y de las necesidades de sus usuarios.

El diagnóstico situacional anteriormente descrito permite identificar y definir de manera clara los problemas centrales que la investigación abordará. Estos problemas son cruciales para orientar el estudio y permitir que las soluciones decurrentes satisfagan las necesidades de la UVM.

## **Problema de la investigación**

La investigación se centra en un desafío significativo relacionado con el uso de impresoras 3D en la UVM. Para abordar esta cuestión, se pregunta: ¿Cómo se puede crear un sistema para monitorear y controlar en tiempo real la impresión 3D, optimizando así su eficiencia y calidad? Esta pregunta establece el objetivo principal de este trabajo: desarrollar e implementar un sistema para monitorear e gestionar las impresoras 3D, analizando su efectividad en el ámbito universitario.

Mediante el problema general, se derivan varias preguntas para análisis, abordando aspectos variados del problema principal y permiten una exploración detallada y exhaustiva de las soluciones. Las preguntas específicas son las siguientes:

¿Qué tipos de errores son más comunes en las impresoras 3D Prusa Mk4 y cómo pueden detectarse de manera temprana y precisa mediante el sistema propuesto?

¿Cómo se configurarán los puertos de comunicación de ambos dispositivos para garantizar una interoperabilidad óptima?

¿Qué tipo de materiales de capacitación se desarrollarán (manuales, tutoriales, videos, entre otros)?

¿Qué tipos de pruebas de impresión se realizarán para evaluar la precisión, repetibilidad y calidad de las piezas producidas por el sistema? Estas preguntas específicas permitirán desglosar el problema general en áreas manejables y enfocadas, asegurando que los aspectos críticos del desafío sean abordados de manera integral.

Al responder a estas preguntas, los investigadores podrán desarrollar soluciones prácticas y efectivas que mejorarán la impresión 3D y que proporcionarán un modelo replicable para otras organizaciones y contextos similares.

Además, un sistema de seguimiento destinado a contribuir a fortalecer el capital social de la UVM, promover el intercambio y la colaboración entre los estudiantes y el personal, y el desarrollo de habilidades técnicas, será útil a todos.

### **Formulación de Objetivos**

Aquí se definirán clara y precisamente los objetivos basados en el diagnóstico y en los problemas identificados anteriormente.

Desarrollar objetivos es esencial para la investigación, con un enfoque estructurado que permitirá llegar a los resultados.

Los objetivos consisten en objetivo general que incluyen el propósito principal y objetivos específicos que dividen el problema general en áreas detalladas y manejables. Esta estructura permitirá un enfoque global y sistemático para establecer las necesidades específicas del uso de impresoras 3D en la UVM. Así, la solución propuesta será efectiva y aplicable en contextos institucionales.

#### **Objetivo general**

Implementar un sistema de monitoreo y control para impresora 3D y optimizar el proceso de impresión en la Universidad Valle del Momboy.

### **Objetivos específicos**

- Configuración de dicho sistema para detectar errores y controlar la cola en la impresión 3D.
- Establecer una conexión eficiente entre la impresora 3D Prusa Mk4 y el Raspberry Pi 4 a por vía de los puertos de comunicación, posibilitando un intercambio de datos en tiempo real para controlar y monitorear la impresión.
- Entrenar al equipo en el manejo y cuidado del sistema, garantizando su durabilidad a lo largo del tiempo, y promoviendo el fortalecimiento del capital social.
- Definir la contribución del sistema realizando pruebas de impresiones controladas.

### **Delimitación**

Durante este proceso, se definirá el alcance de la investigación, identificando qué elementos se analizarán y cuáles quedarán fuera del análisis. Esto permitirá centrar la investigación y prevenir desviaciones innecesarias. La delimitación se abordará desde diferentes dimensiones, como la temporal y la geográfica.

#### **Dimensión Temporal**

La investigación se dará en el período académico, entre julio de 2024 y octubre de 2024. Dicho período posibilitará realizar un diagnóstico situacional detallado, implementar el sistema para evaluar su efectividad en mejorar la eficiencia y calidad del proceso, siendo adecuado para abarcar las distintas fases del proyecto, desde la planificación inicial hasta presentar resultados y conclusiones.

### Dimensión Geográfica

La investigación se dará en las instalaciones de la UVM, enfocándose particularmente en los laboratorios y espacios destinados al uso de impresoras 3D, ubicados en el campus Valera, en el estado Trujillo.

Se eligió esta ubicación porque es donde hay problemas y necesidades específicas que se pretende abordar. Además, este interés por la geografía permitirá la aplicación directa y práctica de los resultados, con beneficios a la comunidad universitaria.

### Dimensión Temática

La delimitación temática se centrará exclusivamente en el desarrollo, implementación y evaluación de un sistema de monitoreo y control en tiempo real, destinado para impresoras 3D. No se abordarán otros tipos de tecnologías de monitoreo ni otros problemas de las impresoras 3D que no estén directamente vinculados con la detección y corrección de fallos en el proceso. Esta delimitación temática permitirá un enfoque preciso y detallado para llegar en una solución efectiva para el problema identificado.

Al establecer estos límites claros, la investigación podrá enfocarse de manera eficiente en los aspectos más críticos del problema, asegurando priorizar las áreas que proporcionen el mayor impacto y beneficio para la Universidad.

### **Revisión de la literatura**

En esta sección, se lleva a cabo un análisis de la literatura académica y científica pertinente al tema de estudio, identificando los marcos teóricos y los conceptos fundamentales que orientan la investigación, creando así una base robusta para el proyecto. Esta revisión se centra en cuatro áreas

principales: capital social, sostenibilidad, innovación y responsabilidad social empresarial.

El capital social es el conjunto de relaciones, confianza y normas de reciprocidad que fomentan la colaboración y el beneficio conjunto en una comunidad. En la UVM, el capital social es esencial para fomentar un ambiente de aprendizaje colaborativo y compartido entre estudiantes, profesores y personal administrativo.

Una revisión bibliográfica abarcará investigaciones que analicen el impacto y la confianza de las redes sociales en la transferencia de conocimientos y habilidades. Se explorará cómo los sistemas de monitoreo de impresoras 3D pueden potenciar estas redes, ofreciendo una plataforma que facilite la colaboración y el intercambio de información.

#### Sostenibilidad

La sostenibilidad en la impresión 3D implica el uso eficiente de recursos y la minimización de desperdicios, alineándose con el desarrollo sostenible. La literatura relevante abordará cómo el monitoreo en tiempo real puede contribuir para reducir el consumo de recursos (energía y materiales), y cómo estas prácticas sostenibles pueden integrarse en la enseñanza y en futuras investigaciones. Se tendrán en cuenta los estudios que analicen las prácticas sostenibles en la manufactura aditiva y la implementación de tecnologías verdes en entornos educativos.

#### Innovación

La innovación es un componente clave en nuevas tecnologías de impresión 3D y en sus sistemas de monitoreo. En este campo, las revisiones bibliográficas se enfocarán en las

innovaciones tecnológicas que han mejorado la precisión y eficiencia de las impresoras 3D. Se explorarán estudios de caso y ejemplos de éxito que han transformado la impresión 3D en entornos educativos y de investigación.

### **Responsabilidad Social Empresarial (RSE)**

En una organización, la responsabilidad social corporativa es la integración voluntaria de cuestiones sociales y ambientales en sus operaciones y estrategias.

En la UVM, un sistema de monitoreo y control en tiempo real para impresoras 3D representa un compromiso con la responsabilidad social, al fomentar prácticas sostenibles y elevar la calidad educativa. La revisión bibliográfica considerará contenidos sobre la aplicación de los principios de responsabilidad social empresarial en instituciones educativas, explorando su impacto en la sociedad y el medio ambiente. Además, se analizará cómo la tecnología puede servir como herramienta para alcanzar estos objetivos.

La revisión exhaustiva de la literatura proporcionará una comprensión profunda de los conceptos y teorías que soportan el desarrollo de dicho sistema. Al establecer una base sólida en estas áreas clave, la investigación estará mejor posicionada para abordar los desafíos identificados y proponer soluciones innovadoras y sostenibles.

### **Estudios Previos**

En esta sección se presentan estudios previos que soportan la investigación a desarrollar. Estos estudios incluyen trabajos de grado, tesis de maestría, tesis doctorales y artículos científicos publicados en revistas indexadas, que incluya estudios publicados en los últimos cinco años desde la fecha de elaboración de este trabajo. Abajo se presentan tres investigaciones relevantes, ordenadas desde la más reciente hasta la más antigua.

Pérez (2023), en "Sistema de monitoreo en tiempo real para impresoras 3D", desarrolló un sistema de monitoreo en tiempo real basado en sistema de monitoreo y control para obtener una mejor calidad de impresión y reducir los fallos en impresoras 3D. **Síntesis de la Situación Problemática:** Se investiga los problemas ocasionados por los fallos recurrentes en las impresoras 3D, derivados de la falta de monitoreo en tiempo real, lo que provoca un desperdicio significativo de materiales y tiempo, y menos calidad de las piezas impresas. **Metodología:** Se empleó un enfoque que consistió en el diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo y control, seguido de pruebas experimentales para evaluar la efectividad y un análisis exhaustivo de los datos.

**Resultados y Conclusiones Más Importantes:** El estudio concluyó que el sistema redujo los fallos durante la impresión de forma significativa, con más calidad de las piezas, confirmando la importancia de tecnologías de monitoreo en la impresión 3D.

**Relación con la Investigación Actual:** Este estudio es relevante para esta investigación ya que busca desarrollar un sistema de monitoreo, aunque utilizando una cámara. Ambos enfoques tienen como objetivo común optimizar la eficiencia y la calidad del proceso de impresión 3D.

Martínez (2021), en "Optimización del proceso de impresión 3D mediante el uso de tecnologías de monitoreo avanzado", evaluó optimizar la impresión 3D vía tecnologías de monitoreo avanzado, reduciendo los errores durante la producción de piezas. **Síntesis de la Situación Problemática:** La investigación identifica la alta tasa de errores y defectos en las impresoras 3D sin supervisión efectiva, reduciendo la eficiencia y aumentando los costos operativos.

**Metodología Utilizada:** Se implementaron diversas tecnologías de monitoreo, incluyendo sensores y cámaras, y se realizaron pruebas comparativas para medir su impacto en la optimización del proceso.

Resultados y Conclusiones Más Importantes: Los resultados evidenciaron que la incorporación de tecnologías de monitoreo puede disminuir notablemente los errores y aumentar la eficiencia operativa. La investigación concluye que estas tecnologías son fundamentales para producir piezas de alta calidad.

Relación con la Investigación Actual: Se aprovechará los hallazgos de Martínez al analizar la efectividad de la cámara de control como una tecnología de monitoreo, una línea parecida de optimización del proceso de impresión 3D.

Para García (2019), en "Impacto de la tecnología de monitoreo en la sostenibilidad de la impresión 3D", sus objetivos son evaluar cómo la tecnología de monitoreo contribuye a la sostenibilidad en la impresión 3D, con el uso eficiente de recursos, reduciendo desperdicios. Síntesis de la Situación Problemática: considera el impacto ambiental negativo y desperdicio de materiales asociados con la impresión 3D sin un monitoreo adecuado.

Metodología Utilizada: Se emplearon estudios de caso y análisis cuantitativos para definir el impacto de variadas tecnologías en la impresión 3D. Resultados y conclusiones: estas tecnologías pueden disminuir significativamente el desperdicio de materiales y obtener mejor eficiencia energética, lo que contribuye a la sostenibilidad del proceso.

Relación con la Investigación Actual: Este estudio proporciona un marco teórico valioso sobre la relación entre sostenibilidad y tecnología de monitoreo, que será aplicado en esta investigación para evaluación del sistema de monitoreo y control para la impresora 3D y como este puede mejorar la sostenibilidad en la UVM.

Estos estudios previos establecen un fundamento sólido para esta investigación, proporcionando insights y metodologías relevantes que informarán el diseño, implementación y evaluación del sistema.

## **Justificación**

Esta investigación surge de la necesidad de solucionar problemas crónicos en el proceso de impresión 3D, como desperdicio de tiempo, de materiales, fallos recurrentes, y la ausencia de una supervisión constante. Estos problemas afectan la eficiencia y calidad, y también impactan en la experiencia de los usuarios, que comprenden estudiantes y personal académico de la UVM, y en su aprendizaje de forma negativa,

La implementación de un sistema de monitoreo y control en tiempo real, se presenta como una solución innovadora y eficiente para mitigar estos problemas. Este sistema permitirá la supervisión constante para identificar fallos en tiempo real (deformaciones, sobrecalentamiento y adherencia). La intervención rápida para corregir estos problemas reducirá significativamente el desperdicio de materiales, propiciando más calidad de las piezas impresas.

Además, este sistema contribuirá al fortalecimiento del capital social de la UVM. Una plataforma tecnológica que facilite la colaboración y el intercambio de conocimientos técnicos fomentará un ambiente de aprendizaje compartido y cooperación entre los estudiantes y el personal académico. Esto no solo mejorará la experiencia educativa, sino que también contribuirá en las habilidades técnicas y competencias colaborativas que son esenciales en la ingeniería y la tecnología.

La investigación también se justifica por su contribución a la innovación tecnológica. Utilizar una cámara para el monitoreo en tiempo real es una mejora significativa sobre los métodos tradicionales de supervisión de la impresión 3D. Esta tecnología optimiza el proceso, y promueve aplicaciones más complejas y precisas en diversos campos académicos y profesionales. La UVM, al adoptar esta tecnología, liderará en innovación tecnológica y sostenibilidad.

## **Impacto y Beneficios Esperados**

Los beneficios esperados son múltiples. En términos operativos, se anticipa una mejora considerable en la calidad y la disminución significativa del material de desperdicio por fallas no detectadas del proceso, lo que resultará en productos impresos de mayor calidad y en menos tiempo. En términos educativos, se espera que el sistema fomente un aprendizaje más práctico y colaborativo, beneficiando a estudiantes y profesores por igual. En términos ambientales y sociales, las prácticas sostenibles y responsables contribuirán al bienestar de la comunidad universitaria y a los objetivos de desarrollo sostenible.

### **Bases teóricas**

Aquí se abordarán los aspectos generales del tema, conteniendo varios sub-puntos que podrán subdividirse, para cuidar la relación entre los cuestionamientos con la temática, que estén citados apropiadamente y que no sean aislados, incorporando además el aporte del investigador. Se definirán con sustento de autores las variables, dimensiones e indicadores relevantes para esta investigación.

El monitoreo y control en tiempo real se refiere a la vigilancia constante de un proceso o sistema para identificar y resolver problemas de inmediato. En la impresión 3D, esta práctica es fundamental, ya que permite detectar fallos como el sobrecalentamiento, deformaciones y falta de adherencia. De este modo, se pueden realizar intervenciones rápidas que reduzcan el desperdicio y optimicen la calidad del producto final. Moylan (2019), subraya la incorporación del sistema de monitoreo como una herramienta que permite visualización en tiempo real, propiciando datos para la toma de decisiones y garantizando un control más preciso durante la impresión (p. 88).

## Impresora 3D

La impresora 3D, un dispositivo que permite la elaboración de objetos tridimensionales vía modelos digitales, emplea un proceso innovador conocido como fabricación aditiva. Esta tecnología, que fue materializada por primera vez por Chuck Hull en 1986 mediante la técnica de la estereolitografía, deposita sucesivas capas de material para formar el producto final. Hull no solo patentó esta tecnología, sino que también fundó 3D Systems, estableciendo así las bases para futuras innovaciones.

Para Hull (1986), la impresión 3D es importante para revolucionar y democratizar la creación de modelos tridimensionales. (p. 12). A diferencia de los métodos tradicionales, que requieren costosos moldes y largos tiempos de preparación, ella permite la creación rápida de prototipos y productos acabados. Así, reduce costos y tiempos y facilita la innovación a pequeña escala o de forma personalizada.

La serie Prusa i3, desarrollada por Josef Prusa, se destaca por su accesibilidad y eficiencia. Estas impresoras muestran cómo la impresión 3D ha evolucionado hacia sistemas más abiertos y económicos. En particular, la serie Prusa i3 ha sido crucial para expandir la tecnología más allá de los entornos industriales, llegando a la educación, la investigación y el ámbito de los aficionados. Gracias a su código abierto, los usuarios pueden colaborar y proponer modificaciones para la mejoraría de su hardware.

## **Impresión 3D**

La impresión 3D, conocida como fabricación aditiva, ha traído innovaciones en diversas áreas (medicina, ingeniería, educación, etc.). Según Gibson, Rosen y Stucker (2019), la impresión 3D consiste en construir un objeto tridimensional vía un modelo digital, acumulando gradualmente

el material, capa por capa, permitiendo obtener geometrías complejas, imposibles de fabricar mediante técnicas convencionales. Berman (2021) destaca que la capacidad de la impresión 3D para acortar los plazos de desarrollo de productos y producir piezas personalizadas ha sido fundamental para su éxito en la industria contemporánea. (p. 54).

La tecnología FDM (Modelado por Deposición Fundida) utiliza materiales plásticos como PLA y ABS, que son fundidos y depositados por capas. La complejidad del proceso requiere un control riguroso de variables como la temperatura y la velocidad de impresión, factores que pueden influir en la calidad.

### **Raspberry Pi 4**

El Raspberry Pi 4 es un microcomputador compacto, lanzado en 2012 por la Raspberry Pi 4 Foundation para promover la enseñanza de la informática y las ciencias de la computación. Este dispositivo ha ganado popularidad no solo en el ámbito educativo, sino también en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico. Upton y Halfacree (2019) señalan que:

El Raspberry Pi 4 destaca por su capacidad de ejecutar sistemas operativos ligeros como Raspbian y su facilidad para interactuar con sensores, actuadores y periféricos, lo que lo convierte en una herramienta ideal de desarrollo de proyectos de monitoreo y control (Upton y Halfacree, 2019, p. XX).

En proyectos de impresión 3D, el Raspberry Pi 4 permite la creación de sistemas de monitoreo en tiempo real, ya que puede interactuar con las impresoras vía software especializado (ex.: OctoPrint), que permite la gestión remota de la impresora, la supervisión del avance de la impresión y la recepción de alertas en caso de fallos (Wijnen, 2022, p. 5).

## **Control de temperatura**

Para controlar de temperatura en las impresoras 3D es crucial, particularmente en lo que respecta a la cama caliente, la cual juega un papel fundamental en la estabilidad de las impresiones y de su estabilidad. Esta cama debe mantenerse a una temperatura adecuada para asegurar que la primera capa del material impreso se adhiera correctamente a la plataforma, evitando así problemas de deformación y asegurando la integridad dimensional. Para materiales como el PLA, la cama caliente generalmente se configura entre 50°C y 70°C, mientras que, para el ABS y otros materiales susceptibles a deformarse, la temperatura puede necesitar ajustarse hasta 100°C o más.

En su mayoría las impresoras 3D modernas utilizan sistemas de control PID (Proporcional, Integral, Derivativo), que mantiene las temperaturas de forma precisa (WALL, 2024, p. 90). Cabe agregar, que un controlador PID ajusta la potencia enviada a los elementos calefactores basándose en la diferencia entre la temperatura de diseño y la temperatura actual, facilitando así un calentamiento rápido y manteniendo una estabilidad térmica durante la impresión.

Un control preciso de la temperatura permite impresiones con más calidad al evitar problemas como el alabeo y el encordado, además de aumentar la variedad de materiales empleados. Además, aumenta la confiabilidad y reduce el riesgo de errores durante impresiones largas o complejas. Finalmente, el control de temperatura es una variable crucial que influye directamente en el éxito del proceso y en la calidad del objeto impreso. Garantiza resultados consistentes y de alta calidad independientemente del material utilizado.

## **Monitoreo de Parámetros Críticos: Temperatura y Componentes**

Controlar la temperatura de forma precisa es fundamental en la impresión 3D, ya que variaciones en este parámetro pueden causar defectos en las piezas. Gibson (2020) afirma que

asegurar que la temperatura del extrusor y de la cama caliente se mantenga dentro de un rango óptimo es fundamental para garantizar una correcta deposición del material y una buena adherencia entre las capas (p. 25). Por ejemplo, con una temperatura de extrusión demasiado baja, no hay flujo apropiado del material; una temperatura demasiado alta puede generar deformaciones en las piezas.

Además, el sistema propuesto puede utilizar sensores de temperatura conectados al Raspberry Pi 4 para registrar y controlar estos valores en tiempo real. Para temperaturas superiores al límite, el sistema puede generar una alerta automática para que el operador intervenga y evite fallos en la impresión.

### **Filamento**

Para hablar sobre filamentos en la impresión 3D y respaldar la información con autoridad, es importante referirse a estudios, publicaciones y expertos en el campo. el trabajo de Joshua Pearce y su grupo de investigación en el Michigan Technological University (2019) es una de las principales referencias, con estudios de la sostenibilidad y la viabilidad económica de la impresión 3D, y el uso de filamentos (p. 10).

#### Filamento para impresión 3D: Sustentabilidad y opciones

Los filamentos utilizados en la impresión 3D son fundamentales para definir la calidad, durabilidad y sostenibilidad de los objetos impresos. Históricamente, los más comunes han sido el ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) y el PLA (ácido poliláctico), este último es especialmente valorado por su biodegradabilidad y su origen en recursos renovables, como el almidón de maíz o la caña de azúcar, lo que lo convierte en una opción más sostenible. Por su vez, el ABS, siendo un plástico derivado del petróleo, presenta un mayor impacto ambiental.

## **Implicaciones de los Filamentos Sostenibles**

Filamentos sostenibles conlleva importantes implicaciones. Al disminuir la dependencia de plásticos vírgenes y promover el uso de materiales reciclados o biodegradables, se reducen los desechos y se apoya la economía circular. Pearce (2019) indica que estas prácticas pueden democratizar la producción, permitiendo que individuos y comunidades fabriquen localmente sus propias necesidades, lo que reduce costos y el impacto ambiental asociado al transporte de productos manufacturados.

## **Software**

El software en la impresión 3D participa desde la creación del modelo digital hasta la configuración de la impresora (Wall, 2024, p. 3). Esto implica que, para una impresora 3D funcionar adecuadamente, es necesario un software especializado que permita diseñar, preparar y ejecutar la fabricación de los objetos. El diseño tridimensional es la primera etapa, el cual se realiza mediante programas de modelado como **AutoCAD**, **Fusion 360** o **Tinkercad**, donde los usuarios pueden crear modelos detallados y precisos. Con el modelo está listo, es necesario convertirlo a un formato que la impresora 3D pueda interpretar, siendo el formato **STL** (Standard Tessellation Language) el más utilizado en este campo por su capacidad para representar con precisión superficies tridimensionales.

A continuación, entra en juego el software de corte o "slicing", que transforma el modelo tridimensional en capas que la impresora puede construir. Programas como **Cura**, **PrusaSlicer** o **Simplify3D** son herramientas muy utilizadas para esta tarea, ya que dividen el modelo en múltiples capas y generan un archivo en formato **G-code**, el cual contiene las instrucciones específicas que

la impresora sigue para crear el objeto. El software de corte también ajusta parámetros clave como la temperatura, la velocidad de impresión y tipo de relleno que se utilizará, lo que afecta directamente la calidad y el tiempo de impresión.

Finalmente, el software también es necesario para gestionar y controlar la impresora en tiempo real. Wall (2024) defiende que aplicaciones como OctoPrint facilitan la monitorización y gestión remota de impresoras 3D, proporcionando un control preciso y ajustes en tiempo real (p. 7). Así, el software facilita la creación y preparación del modelo, y también optimiza la impresión, mejorando la eficiencia y garantizando resultados de alta calidad. En conjunto, las herramientas de diseño, corte y control forman un ecosistema indispensable para el éxito de la impresión 3D, convirtiendo al software en un componente esencial en cada etapa.

### **Monitoreo a larga distancia**

El monitoreo a larga distancia en la impresión 3D ha ganado una importancia significativa, especialmente cuando se trata de impresiones de larga duración o en entornos donde es necesario gestionar múltiples impresoras de manera simultánea. Según Jackson (2020), el monitoreo y control remoto de una impresora 3D no solo optimiza el proceso, sino que también ayuda a identificar y solucionar problemas al instante, lo que ayuda a prevenir desperdicios de tiempo y material.

El OctoPrint es una de las herramientas más populares, por ser un software de código abierto que se instala en una Raspberry Pi o cualquier otro dispositivo compatible, permitiendo a los usuarios gestionar su impresora 3D vía internet, posibilitando controlar todos los aspectos de la impresión, desde la temperatura del extrusor y la cama caliente hasta la velocidad y los movimientos del cabezal de impresión. Además, permite pausar o detener la impresión en caso de

que se detecten problemas, lo cual es fundamental para evitar fallos que podrían resultar costosos en material y tiempo.

Otra característica clave del monitoreo a larga distancia es la capacidad de integrar cámaras, lo que facilita la supervisión visual en tiempo real. Al conectar una cámara web o una cámara IP a la impresora vía OctoPrint u otros sistemas similares, los usuarios pueden ver el progreso de la impresión desde cualquier dispositivo, como un teléfono móvil o una computadora, y asegurarse de que todo se esté desarrollando correctamente.

El monitoreo a larga distancia ha transformado la forma de gestión de las impresiones 3D, permitiendo a los usuarios supervisar de forma más controlada y eficiente. Gracias a estas herramientas, es posible realizar ajustes en tiempo real, evitar errores costosos y garantizar que las impresiones se completen con éxito, independientemente de la ubicación del operador.

### **La conexión a internet**

Snell (1995) describe Internet como una vasta red que une millones de computadoras en todo el mundo, promoviendo un sistema interconectado donde cualquier computadora conectada puede comunicarse con otra (p. 2).

La Internet es crucial en la configuración y monitoreo remoto de una impresora 3D, especialmente cuando se utilizan componentes como una Raspberry Pi y una tarjeta SD gestionar el proceso. Se detallan los principales componentes que interactúan con internet en un entorno de impresión 3D y cómo esta conectividad mejora la eficiencia y la funcionalidad:

## **Raspberry Pi**

Según Upton (2019), la Raspberry Pi es una de las herramientas más populares en gestión remota de impresoras 3D (p.XI), ya que, gracias a su capacidad para conectarse a internet y correr software como **OctoPrint** o **AstroPrint**. Con una conexión a internet, vía Wi-Fi o cable Ethernet, la Raspberry Pi permite control de todos los aspectos de la impresora 3D, como iniciar o detener impresiones, ajustar parámetros, y monitorear el progreso de la impresión.

Además, esta conectividad posibilita instalar actualizaciones automáticas, la adición de plugins o mejoras y el acceso a la impresora desde cualquier parte del mundo vía la nube. Para que todo funcione adecuadamente, es necesario configurar la Raspberry Pi con una tarjeta microSD, que almacena el sistema operativo y el software de monitoreo, y que también requiere una conexión estable a internet para transmitir datos y recibir instrucciones en tiempo real.

### **1. Tarjeta microSD**

La tarjeta microSD en la Raspberry Pi o en la propia impresora es esencial para almacenar los archivos de impresión y el software de gestión. Para impresoras 3D sin conexión directa a internet, la tarjeta SD se usa para cargar el archivo G-code generado por el software de corte, con instrucciones para la impresora. Sin embargo, cuando la Raspberry Pi se conecta a internet, la tarjeta SD almacena información adicional, como datos de los plugins instalados, registros de impresión y actualizaciones automáticas del software. El autor Pohlmann (2019) discute que las tecnologías de almacenamiento digital, como las tarjetas SD, desempeñan un papel crucial en la evolución del audio digital, aunque no se conectan directamente a Internet. En lugar de eso, actúan como intermediarias, interactuando con sistemas que sí tienen acceso a la red. Esto permite un flujo de datos fluido y eficiente, fundamental para procesos como la impresión remota. (p. 98)

El internet juega un papel fundamental en la gestión de los componentes clave en una impresora 3D, como la Raspberry Pi, la tarjeta microSD y el propio dispositivo de impresión. La conectividad permite no solo controlar y monitorear la impresora de forma remota, sino también mantener los componentes actualizados y operar múltiples impresoras en distintos entornos. Con dicha integración, el uso de internet maximiza la eficiencia y la versatilidad de la impresión 3D, brindando mayor flexibilidad y control a los usuarios.

### **Interfaz de usuario (UI)**

La interfaz de usuario (UI) es importante para cualquier sistema de control, permitiendo así, la interacción entre el operador y la máquina. Para Nielsen (1994), una buena interfaz debe ser fácil de aprender, de usar y satisfacer al usuario. En la impresión 3D, la UI debe mostrar información crítica sobre la impresora, como la temperatura, el progreso de la impresión y las alertas de fallos.

Un sistema de control basado en Raspberry Pi 4 puede implementar una interfaz gráfica accesible tanto localmente como de manera remota, permitiendo la interacción usuario-impresora vía dispositivos móviles o computadoras.

Shneiderman (2019) sostiene que crear una interfaz eficiente enriquece la experiencia del usuario, y reduce la probabilidad de errores. Esto es crucial en impresiones que se extienden durante varias horas, donde la precisión y la facilidad de uso son clave para evitar inconvenientes y garantizar resultados satisfactorios. (p. 33).

### **Cámaras para Monitoreo en Tiempo Real**

Cheng (2018) indican que la integración de cámaras en sistemas de producción, como las impresoras 3D, permite detectar fallos de manera temprana mediante el uso de procesamiento de imágenes. Esta tecnología mejora la supervisión del proceso, contribuyendo a una producción

más eficiente y a la prevención de errores (p. 76). Esta técnica resulta especialmente ventajosa en la impresión 3D, ya que errores como el desplazamiento de capas o la mala adherencia a la base de impresión, si no se detectan a tiempo, provocan defectos en los productos.

Con la integración de una cámara al Raspberry Pi 4, el sistema facilita la supervisión en tiempo real de la impresión, y el usuario puede intervenir de manera oportuna al identificar cualquier anomalía visual. Además, herramientas como OpenCV habilitan la creación de algoritmos para el análisis automatizado de imágenes, lo que optimiza aún más la detección de errores y mejora la eficiencia del sistema (Bradski, 2000, p. 34).

### **Detección de Fallos y Optimización de Recursos**

Los principales problemas en impresión 3D es el desperdicio de materiales debido a fallos durante la impresión. Peng (2018) sostiene que la detección temprana de errores disminuye considerablemente el desperdicio, ya que interrumpe el proceso antes de que se generen defectos irreversibles en las piezas, optimizando el uso de materiales y también ahorrando tiempo al evitar que el operador tenga que reiniciar impresiones largas desde cero. El sistema propuesto detecta fallos tempranos con cámaras y sensores, reduciendo desperdicios, mejorando la eficiencia operativa y minimizando los costos asociados a los materiales de impresión.

### **Desafíos Eléctricos en la Impresión 3D**

Las fallas eléctricas representan un obstáculo significativo en cualquier sistema tecnológico, y la impresión 3D no es la excepción, porque Olsson y Lee (2019) destacan que las interrupciones en el suministro eléctrico durante una impresión 3D pueden provocar fallos graves, como la pérdida total del trabajo en curso o defectos en las piezas impresas. Para mitigar este riesgo, el sistema puede incluir mecanismos de respaldo, como sistemas de energía ininterrumpida (UPS), que mantengan la impresora funcionando en un corte eléctrico.

Adicionalmente, el monitoreo de la estabilidad del suministro eléctrico puede proporcionar advertencias preventivas, lo que permitiría al operador pausar la impresión antes de un fallo sin corrección.

### **Metodología para el Monitoreo y Control**

La combinación de sensores, cámaras y software especializado permite la creación de un sistema robusto de monitoreo y control de impresoras 3D. Bischoff y Kuchar (2022) afirman que la implementación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) posibilita la interconexión de dispositivos, promoviendo el monitoreo de los procesos de fabricación en tiempo real. Ya que, el Raspberry Pi 4, con sus capacidades de conectividad y procesamiento, actúa como un nodo central para integrar todos estos elementos y proporcionar datos precisos sobre el estado de la impresión.

### **Capital Social**

Según Putnam (2020), el concepto de capital social abarca las redes de relaciones, la confianza y las normas de reciprocidad que facilitan la cooperación y el bienestar compartido en una comunidad. En la UVM, es crucial cultivar un ambiente que fomente la colaboración y el aprendizaje conjunto entre estudiantes, docentes y personal administrativo. Implementar un sistema eficaz puede potenciar estas redes, al facilitar la cooperación y el intercambio de información técnica, enriqueciendo su capital social. Este enfoque mejora los procesos técnicos y promueve un entorno más cooperativo y beneficioso para todos los involucrados.

La sostenibilidad en la impresión 3D se centra en el uso racional de los recursos y la reducción de desechos, en consonancia con los principios del desarrollo sostenible. Tecnologías de monitoreo son clave para alcanzar estos objetivos, al disminuir tanto el consumo de materiales como el de energía, minimizando así el impacto ambiental. Según Gebler, Uiterkamp y Visser

(2020), en la UVM, adoptar prácticas sostenibles en la impresión 3D aporta beneficios ecológicos y también fomenta una cultura de responsabilidad y eficiencia entre estudiantes y personal. Este enfoque evidencia un firme compromiso institucional con la sostenibilidad y una gestión responsable de los recursos.

**La innovación tecnológica** desempeña un papel fundamental en la impresión 3D y la integración de sistemas de monitoreo avanzados. Herramientas como las cámaras de monitoreo en tiempo real han demostrado ser efectivas para mejorar tanto la precisión como la eficiencia en este ámbito, según Berman (2020). Estas innovaciones perfeccionan la impresión y crean oportunidades para aplicaciones más complejas y precisas en múltiples disciplinas académicas y profesionales. De este modo, la UVM puede mantenerse a la vanguardia en investigación e tecnología.

### **Responsabilidad Social Empresarial**

La responsabilidad social corporativa se refiere a la incorporación voluntaria de preocupaciones sociales y ambientales en las operaciones y estrategias de una organización (Carroll, 1991, p. 147). Para la UVM, implementar dicho sistema para las impresoras 3D ejemplifica este compromiso con la responsabilidad social. Este enfoque promueve prácticas sostenibles y enriquece la calidad educativa, alineando la tecnología con valores de responsabilidad y cuidado por el entorno. La adopción de principios de RSE puede mejorar el impacto social y ambiental de la institución, con valores éticos y sostenibles. Esta integración refuerza el papel de la UVM en la delantera en sostenibilidad y responsabilidad social.

### **Variables, Dimensiones e Indicadores**

Una variable es un rasgo o atributo que puede cambiar entre diferentes individuos o situaciones, y se puede medir o cuantificar de diversas maneras. (Hernández Sampieri, 2014). Para el sistema de monitoreo y control en tiempo real (variable independiente), se considerará la dimensión de tecnología de monitoreo con indicadores como eficiencia del monitoreo, precisión en la detección de fallos y tiempo de respuesta.

Luego, la variable dependiente, que es la calidad y eficiencia de la impresión 3D, se dividirá en dimensiones de calidad del producto y eficiencia operativa, con indicadores como tasa de defectos, uniformidad de las piezas impresas, tiempo de impresión y consumo de material y energía. Además, se incluirá la variable interviniente del capital social en la universidad, con colaboración y aprendizaje, e indicadores como nivel de cooperación entre usuarios y frecuencia de intercambio de conocimientos técnicos. También se abordará la sostenibilidad del proceso como variable interviniente, uso de recursos e indicadores como cantidad de material desperdiciado y consumo energético.

Estos aspectos teóricos proporcionan una comprensión integral de las variables. Con variables, dimensiones e indicadores claros se crea soporte para el proyecto y la implementación del sistema de monitoreo y control para impresoras 3D, asegurando que la investigación aborde de manera efectiva los desafíos y necesidades identificados en la UVM. Esta estructura teórica aportará precisión y fundamentación para el proyecto, contribuyendo a mejorar la calidad y sostenibilidad del proceso de impresión 3D y fortaleciendo el capital social de la UVM.

Cada dimensión representa un subconjunto de la variable que facilita su estudio. Las dimensiones son los elementos o componentes de una variable que facilitan su análisis y ofrecen

una mejor descripción. (Babbie, 2010). Es decir, son aspectos específicos o facetas de una variable que permiten analizarla con mayor precisión.

Un indicador es un dato específico considerado para medir las dimensiones de una variable. Los indicadores permiten observar y cuantificar aspectos particulares de las dimensiones que representan las variables de estudio. Así pues, los indicadores son elementos que pueden observarse y medirse, y nos permiten inferir o evaluar las dimensiones de las variables en una investigación. (Kerlinger, 2002).

### **Cronograma de Planificación**

El cronograma de planificación es esencial para gestionar tanto los recursos como el tiempo en un trabajo de grado. Para su creación, se emplea el Diagrama de Gantt, el cual, según Grann (año), ofrece una representación gráfica que facilita la visualización de las actividades programadas, su duración y las fechas de inicio y finalización. Este cronograma abarca las diferentes fases del trabajo, desde la planificación hasta la presentación y defensa final, asegurando que actividades organizadas y dentro de los plazos establecidos.

En este contexto, se muestra el cronograma para el periodo 2024-B, que incluye las fechas clave para la entrega de avances, las asesorías, y los procedimientos de defensa. Este cronograma facilita el seguimiento y la evaluación del progreso del trabajo y garantiza que tanto los estudiantes como los tutores cumplan con los tiempos estipulados, permitiendo una gestión eficiente del proceso académico. A continuación, se detalla el cronograma de actividades, especificando las fechas importantes para cada fase del estudio.

Figura 1

Cronograma de asesorías y procedimiento de defensas.

Actividades	Diagrama de Gantt											
	Junio	Julio			Agosto			Septiembre			octubre	
	24/06 al 30/06	08/07 al 10/07	12/07 al 20/07	25/07 al 30/07	08/08 al 10/08	11/08 al 20/08	22/08 al 29/08	13/09 al 18/09	21/09 al 29/09	30/09	03/10 al 09/10	10/10 al 11/10
Investigación de mercado y tecnologías existentes												
Definición de requisitos y especificaciones												
Creación del diseño inicial y planificación												
Diseño detallado de la cámara												
Selección de componentes y materiales												
Adquisición de materiales y componentes												
Construcción de prototipo y pruebas iniciales												
Ensamblaje y configuración de la cámara de monitoreo y control												
Pruebas exhaustivas del prototipo												
Ajustes finales en el diseño y funcionamiento												
Optimización del rendimiento y calidad de la cámara												
Documentación y implementación												

Nota: El diagrama de Gantt presenta las actividades planificadas para este trabajo.

Fuente: Elaboración propia (2024)

## **Operacionalización de las Variables**

Operacionalizar las variables es convertir conceptos abstractos en elementos observables, eligiendo dimensiones e indicadores que faciliten una medición precisa de lo que se pretende investigar (Hernández Sampieri, 2014).

El proceso en sí se relaciona con las técnicas y metodologías utilizadas para la recolección de datos, haciendo que estas sean coherentes con los objetivos y adaptadas al enfoque metodológico, ya sea cualitativo o cuantitativo. En este proyecto, se emplearán ambos tipos de métodos, cualitativos y cuantitativos, para comprender tanto el problema como las soluciones planteadas. La organización de las variables considerará las categorías y los eventos que reflejen la diversidad metodológica del enfoque investigativo.

### **Variables, Dimensiones e Indicadores**

En el desarrollo de esta investigación, se identificaron y analizaron las variables necesarias para evaluar el funcionamiento del sistema de monitoreo y control aplicado a los procesos de impresión 3D en la UVM. Estas variables, seleccionadas tras un estudio detallado del problema, se organizaron en dimensiones que reflejan aspectos clave como la eficiencia del monitoreo, la calidad del producto final y la precisión en la detección de fallos.

Cada dimensión se estructuró con indicadores específicos que facilitaron el análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados obtenidos. Asimismo, se definieron técnicas de recolección de datos que garantizaron la obtención de información confiable y representativa para evaluar el sistema en su totalidad.

A continuación, se presenta el cuadro que resume las variables trabajadas en el marco de esta investigación, organizadas por dimensiones, indicadores y técnicas de recolección utilizadas.

Tabla 1

*Variables, dimensiones, indicadores y técnica de recolección.*

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnica de Recolección</b>
Sistema de monitoreo	Tecnología de Monitoreo y control	de Eficiencia del monitoreo, Precisión en la detección de fallos, Tiempo de respuesta	Observación directa, Análisis de registros del sistema
Sistema de control			
Calidad y eficiencia del proceso de impresión 3D	Calidad del Producto	Tasa de defectos, Uniformidad de las Piezas impresas	Evaluación de muestras impresas, Encuestas de satisfacción
	Eficiencia Operativa	Tiempo de impresión, Consumo de material, Energía utilizada	Análisis de datos operativos, registro de consumo de materiales
Conectividad y Comunicación	Comunicación entre dispositivos: Raspberry e impresora 3D	Estabilidad de la conexión, Tasa de transmisión tiempo real	Análisis de registros de conexión, pruebas de conectividad
Interfaz de comunicación entre Raspberry Pi 4 e impresora 3D	Estabilidad de la interfaz de comunicación	Tasa de transmisión, Mantenimiento de la conectividad	Monitoreo de conexiones, Análisis de rendimiento
Capital social en la Universidad	Colaboración y Aprendizaje	Nivel de cooperación usuarios. Frecuencia de Intercambio de conocimientos técnicos	Encuestas, Entrevistas, Grupos focales
Sostenibilidad del proceso de impresión 3D	Uso de Recursos	Cantidad de material desperdiciado, Consumo energético	Análisis de registros de consumo, Observación directa

Nota: la tabla explica la operacionalización de las variables dependientes e independientes.

Fuente: Elaboración propia (2024)

### **Descripción de la Operacionalización**

La operacionalización fue el proceso mediante el cual se convirtieron ideas abstractas en algo concreto y medible. Esto implicó desglosar el concepto en variables, definir sus aspectos y elegir indicadores que facilitaron la recopilación de datos (Hernández Sampieri, 2014, p. 88).

Sistema de monitoreo y control en tiempo real: La variable independiente se centró en la implementación y análisis de un sistema de monitoreo y control para impresoras 3D. La dimensión de tecnología de monitoreo incluyó indicadores como la eficiencia del monitoreo, que fue medida mediante la observación directa y el análisis de registros del sistema; la precisión en la detección de fallos, evaluada a través de experimentos; y el tiempo de respuesta del sistema, registrado automáticamente por el software de monitoreo.

Calidad y eficiencia de la impresión 3D: La variable dependiente se desglosó en dos dimensiones principales. La calidad del producto fue medida a través de la tasa de defectos y la uniformidad en las piezas impresas, utilizando evaluaciones de muestras impresas y encuestas de satisfacción. La eficiencia operativa fue evaluada mediante el tiempo de impresión, el consumo de material y la energía utilizada, analizando datos operativos y registros de consumo de materiales.

Capital social en la Universidad: Esta variable interviniente fue explorada a través de la colaboración y el aprendizaje. Los indicadores incluyeron el nivel de cooperación entre usuarios y la frecuencia de intercambio de conocimientos técnicos, obtenidos mediante encuestas, entrevistas y grupos focales. Dichos métodos cualitativos permitieron una comprensión profunda de las dinámicas de colaboración y aprendizaje en la comunidad universitaria.

Sostenibilidad del proceso de impresión 3D: La sostenibilidad fue evaluada a través de la dimensión de uso de recursos, utilizando indicadores como el desperdicio de material y el consumo

de energía. Estos datos fueron recolectados mediante el análisis de registros de consumo y la observación directa, proporcionando una visión cuantitativa del impacto ambiental del proceso de impresión 3D.

### **Compatibilidad con los Objetivos de la Investigación:**

La operacionalización de las variables fue diseñada para ser completamente compatible con los objetivos. Cada indicador elegido se relacionó de manera directa con un aspecto clave de los objetivos específicos. Esto garantizó que los datos obtenidos ofrecieran la información esencial para evaluar la eficacia del sistema, mejorar la calidad y eficiencia del proceso, fortalecer el capital social de la UVM y promover la sostenibilidad. Esta estructura metodológica permitió una evaluación integral y precisa del impacto de la implementación del sistema, apoyando las decisiones y las recomendaciones.

## II. FASE DE IMPLEMENTACIÓN

La fase de implementación fue crucial para garantizar que el sistema de monitoreo y control para impresoras 3D en la UVM funcionara de manera efectiva y cumpliera con los objetivos planteados. A continuación, se describieron en detalle la metodología de la investigación, incluyendo el diseño del estudio, las técnicas y herramientas empleadas para la recolección y análisis de datos, así como la validación de los resultados.

Se propuso un diseño de investigación que combinó técnicas cuantitativas y cualitativas para recopilar los datos. Este enfoque integral abordó el problema desde diversas perspectivas, utilizando métodos experimentales y descriptivos. De este modo, se evaluó el impacto del sistema en la eficiencia y calidad del proceso, mediante pruebas controladas que compararon los resultados obtenidos antes y después de la implementación del sistema.

### Diseño de la investigación

La investigación adoptó un enfoque mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas para la recopilación de datos, lo que permitió obtener una visión integral y detallada sobre el impacto del sistema en las impresoras 3D de la UVM. Al integrar diferentes perspectivas, se fusionaron la profundidad de los datos cualitativos con la precisión de los cuantitativos. Según Creswell (2021), los diseños de investigación mixtos aprovecharon las fortalezas de ambos enfoques, ofreciendo una comprensión más completa de los fenómenos analizados (p. 308).

Cualitativamente, se consideraron técnicas como la observación directa, encuestas y entrevistas, promoviendo la obtención de datos sobre la experiencia y percepción del personal capacitado y los usuarios del sistema. La observación directa implicó el monitoreo constante del

proceso de impresión, permitiendo identificar y documentar errores y fallos en tiempo real. Las encuestas y entrevistas proporcionaron información detallada sobre las experiencias y opiniones de los usuarios, aportando valor al análisis con una perspectiva más humana y subjetiva. Según Patton (2019), la observación directa permitió una comprensión profunda del contexto y las dinámicas en juego, mientras que las entrevistas ofrecieron insights valiosos desde la perspectiva de los participantes.

En el ámbito cuantitativo, se llevaron a cabo pruebas controladas y se recopilaron datos numéricos sobre la eficiencia y calidad del proceso de impresión antes y después de la implementación del sistema. Estas pruebas permitieron medir la reducción de errores, la mejora en la calidad de las impresiones y la eficiencia general del proceso, utilizando herramientas estadísticas y software especializado para analizar los datos. Esta combinación de métodos cualitativos y cuantitativos aseguró una comprensión completa y detallada del impacto del sistema de monitoreo y control en las impresoras 3D. Como señalaron Johnson y Turner (2020), la utilización de métodos mixtos facilitó la triangulación de datos, lo que contribuyó a aumentar la validez y confiabilidad de los resultados (p. 8).

Además, se seleccionaron cuidadosamente a los participantes del grupo focal, asegurando una representación adecuada de los diferentes roles de uso y supervisión de las impresoras 3D, incluyendo técnicos, estudiantes y profesores, basándose en criterios definidos para asegurar perspectivas y experiencias diversas que enriquecieran los resultados. De acuerdo con Krueger y Casey (2023), los grupos focales, cuando fueron seleccionados adecuadamente, ofrecieron una valiosa cantidad de datos cualitativos que no pudieron conseguirse mediante otras técnicas de recolección (p. 76).

Se aseguró la confiabilidad de los resultados con la triangulación, que implicó comparar los datos recolectados de distintas fuentes y métodos de recopilación. Además, se llevaron a cabo

pruebas piloto que permitieron ajustar y optimizar el sistema basado en la retroalimentación recibida, garantizando así la solidez y fiabilidad de los resultados. En resumen, este enfoque de investigación mixto facilitó una evaluación integral del impacto del sistema de monitoreo y control en las impresoras 3D, proporcionando una base firme para su futura optimización y expansión tanto en la UVM como en otros contextos. Según Yin (2019), la triangulación fue una técnica fundamental para fortalecer la validez interna de un estudio, verificando los hallazgos con distintas fuentes de datos (p. 23).

El enfoque mixto no solo ofreció una perspectiva más holística del fenómeno estudiado, sino que también permitió abordar las limitaciones inherentes a cada tipo de metodología por separado. Por ejemplo, los datos cuantitativos proporcionaron resultados precisos y generalizables, pero carecieron de profundidad en contexto y significado; aunque ricos en contexto y detalles, los datos cualitativos no fueron generalizables. Al combinar ambos enfoques, se obtuvo una mejor comprensión. Tal como sugirieron Morse (2019), los métodos mixtos facilitaron una mejor exploración de las complejidades de los fenómenos sociales y técnicos (p. 29).

Por último, se capacitó al personal y se consideraron diversos roles en la investigación, lo que aseguró el éxito del proceso. La participación activa de técnicos, estudiantes y profesores garantizó una implementación más efectiva del sistema y facilitó la apropiación y el uso sostenido de la tecnología a largo plazo. Según Bazeley (2019), considerar perspectivas diferentes en la investigación y en la práctica tecnológica enriqueció los resultados y fomentó un ambiente de aprendizaje continuo y colaborativo (p. 237).

## **Población y muestra**

Los términos población y muestra fueron cruciales para delimitar el alcance del estudio y la recolección de datos. Según Hernández Sampieri (2014), la población se definió como el conjunto total de elementos que compartían las características investigadas, y sobre este grupo se buscó generalizar los resultados (p. 176).

Una muestra fue un subconjunto de la población seleccionado para el estudio, y se consideró necesario que fuera representativa, de manera que los resultados pudieran ser generalizados (Kerlinger, 2002, p. 168).

La selección de la muestra se llevó a cabo mediante una metodología rigurosa que combinó técnicas cualitativas y cuantitativas, asegurando una representación adecuada y una comprensión profunda de las experiencias y percepciones de los usuarios. Este enfoque amplio facilitó el análisis del impacto del sistema y proporcionó recomendaciones para su optimización y potencial escalabilidad.

La población objetivo estuvo compuesta por 20 estudiantes de Robótica y Microprocesadores, además de 6 docentes de la UVM, quienes interactuaban directamente con las impresoras 3D. La muestra seleccionada se determinó utilizando un enfoque mixto que combinó técnicas de muestreo probabilístico y no probabilístico, lo cual permitió una representación adecuada y diversa de los diferentes grupos involucrados.

Para seleccionar la muestra, se consideraron varias características demográficas y funcionales. En términos demográficos, se incluyó a participantes de diferentes edades y géneros, asegurando una diversidad que reflejara la población universitaria. Funcionalmente, se seleccionaron individuos que desempeñaban roles específicos en el manejo y operación de las impresoras, incluyendo estudiantes que las utilizaban para proyectos académicos y docentes que

integraban esta tecnología en sus programas educativos. Según Creswell y Clark (2020), dicho enfoque garantizó que las muestras fueran representativas y posibilitó una mejor comprensión del fenómeno en estudio (p. 65).

El tamaño de la muestra se definió en función de la saturación teórica en los estudios cualitativos, mientras que para la investigación cuantitativa se aplicaron cálculos estadísticos que aseguraron la representatividad. En la parte cualitativa, se incluyeron entre 15 y 20 participantes en entrevistas y grupos focales, lo que permitió comprender las experiencias de los usuarios. Para la investigación cuantitativa, el tamaño de la muestra garantizó un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, lo que implicó considerar entre 40 y 50 estudiantes, en función de la variabilidad inicial de los datos.

Como indicó Patton (2019), una muestra adecuadamente seleccionada en estudios cualitativos proporcionó valiosas percepciones que a menudo no fueron capturadas por los métodos cuantitativos (p. 48).

La selección de la muestra empleó técnicas de muestreo estratificado y por conveniencia. El muestreo estratificado aseguró la representación adecuada de todas las subpoblaciones relevantes, y el muestreo por conveniencia permitió incluir a aquellos participantes disponibles y dispuestos a colaborar, algo fundamental en un entorno académico. Teddlie (2021) afirmaron que la combinación de enfoques mixtos en la selección de muestras mejoró la validez y fiabilidad de los resultados, aprovechando las ventajas de ambos métodos (p. 39).

En los estudios cualitativos, se seleccionaron informantes clave que aportaron detalles sobre el uso y operación de las impresoras 3D con el sistema. Entre estos informantes, se incluyeron estudiantes con experiencia significativa en el uso de las impresoras, así como profesores que incorporaron esta tecnología en sus cursos y proyectos.

La selección de las unidades de análisis consideró las categorías de roles y responsabilidades dentro del ámbito universitario, lo que permitió un análisis comparativo entre diferentes puntos de vista y experiencias. Según Krueger (2019), los grupos focales bien organizados mejoraron significativamente la calidad de los datos cualitativos recopilados (p. 76).

Asimismo, se crearon grupos de discusión con tipos diversos de usuarios, lo que favoreció el intercambio de ideas y experiencias, enriqueciendo así el análisis cualitativo. Los datos recopilados de estos grupos y entrevistas se analizaron con técnicas de codificación temática, lo que permitió identificar patrones y tendencias clave. Como indicó Yin (2018), la triangulación de datos fue una estrategia que reforzó la validez interna del estudio, verificando los hallazgos en diferentes fuentes de evidencia (p. 47).

### **Técnicas de Muestreo Estratificado y por Conveniencia**

El muestreo estratificado es una metodología probabilística que divide la población en subgrupos o estratos homogéneos, definidos por características comunes como la edad, el género, el nivel educativo o el rol que desempeñan dentro de una organización. Luego se eligen muestras aleatorias de cada estrato, de forma proporcional, para asegurar que todas las subpoblaciones tengan una representación adecuada en la muestra final. Esta técnica es útil para asegurar que cada grupo esté representado de manera equitativa, permitiendo obtener resultados precisos y aplicables a la población general.

El muestreo estratificado asegura que cada subgrupo de la población esté incluido en la muestra, aumentando la precisión y la representatividad del estudio. (Hernández Sampieri, 2014, p. 182). Por ejemplo, en un estudio sobre el uso de impresoras 3D en la UVM, la población se podría dividir en estratos según los roles de los participantes (estudiantes de Ingeniería en

Computación, estudiantes de Ingeniería Industrial y profesores). Al seleccionar de manera aleatoria una muestra de cada, se garante que las diferentes perspectivas estén adecuadamente reflejadas en el análisis, lo que aumenta tanto la validez como la confiabilidad de los resultados.

### **Muestreo por Conveniencia**

Es un método no probabilístico que elige los participantes basándose en su accesibilidad y disposición para colaborar en el estudio. Esta técnica es una opción práctica y eficiente, frecuentemente utilizada cuando hay limitaciones de tiempo, costo o disponibilidad de los participantes.

El muestreo por conveniencia elige a los participantes más fácilmente accesibles, lo que puede restringir la representatividad de los resultados (Kerlinger, 2002, p. 172). En este caso, el muestreo por conveniencia incluiría la selección de estudiantes y docentes que estén disponibles y dispuestos a participar durante el periodo. Aunque no garantiza una representación aleatoria de la población, dicha técnica es útil para recopilar datos de manera rápida, especialmente en estudios exploratorios o cuando se necesita una comprensión preliminar de un fenómeno.

### **Combinación de Técnicas:**

Al combinar el muestreo estratificado con el muestreo por conveniencia, se obtiene una mayor representatividad y profundidad. El muestreo estratificado garantiza que todas las subpoblaciones relevantes estén representadas de forma adecuada, y el muestreo por conveniencia elige a los participantes disponibles dentro de cada estrato. Esto permite obtener una muestra que refleje la diversidad de la población.

Teddle (2007) afirman que mezclar estos enfoques aumenta la validez y confiabilidad de los resultados, asegurando una representación de la población y optimizando la recolección de datos (p. 71). Esto refuerza la solidez y aplicabilidad de los hallazgos, en un soporte para las decisiones y para la implementación de mejoras en el sistema.

### **Diseño de instrumento de recolección de datos**

Aquí se presentaron las metodologías y herramientas que se utilizaron para la recolección de datos, tanto para lo cuantitativo como lo cualitativo. La fusión de estos enfoques proporcionó una evaluación exhaustiva y minuciosa del efecto del sistema.

Para la recolección de datos cuantitativos, se elaboraron cuestionarios destinados a obtener información sobre las percepciones, actitudes y prácticas vinculadas al uso de las impresoras 3D y al sistema de monitoreo. Según Creswell (2020), los cuestionarios son herramientas efectivas para recopilar sistemáticamente datos de un grupo grande de personas (p. 21). Estos cuestionarios incluyeron tanto preguntas cerradas como escalas de Likert, que permitieron medir la percepción sobre la eficiencia del sistema, la calidad de las impresiones y la reducción de errores.

El cuestionario se dividió en varias secciones: datos demográficos (como edad, género y rol en la universidad), frecuencia de uso de las impresoras 3D, percepción del sistema (eficiencia, facilidad de uso e impacto en la calidad) y sostenibilidad (reducción de residuos y consumo energético). Estas encuestas se distribuyeron en formato físico a estudiantes, profesores y personal técnico, así como a personas del sector privado que emplean tecnologías de impresión 3D.

Este método permitió la recopilación de diversos datos cuantitativos para facilitar el análisis de patrones y tendencias. La población objetivo incluyó tanto a la comunidad universitaria como a actores del sector privado.

Las encuestas se administraron de manera presencial en aulas, laboratorios y eventos académicos, lo que garantizó una muestra representativa. En lo que respecta a los datos cualitativos, se diseñaron guías para entrevistas semiestructuradas para obtener información detallada sobre las experiencias y perspectivas de los usuarios. Patton (2019) sugirió que “las entrevistas semiestructuradas permiten explorar temas de interés en profundidad, proporcionando una comprensión más rica y contextualizada” (p. 79). Las guías de entrevistas incluyeron temas como la experiencia del entrevistado con el sistema de monitoreo, beneficios percibidos, desafíos y sugerencias de mejora.

Estas entrevistas se realizaron con actores clave como directivos, líderes empresariales y la comunidad universitaria. Yin (2018) destacó que las entrevistas son fundamentales para captar las perspectivas individuales, ofreciendo información rica y matizada (p. 99). Las entrevistas se llevaron a cabo en las instalaciones de la universidad, lo que posibilitó una interacción directa y enriquecedora.

Para asegurar la validez y confiabilidad, los cuestionarios y las guías de entrevista fueron revisados por expertos en el campo. Creswell y Plano Clark (2021) destacaron que validar el contenido asegura que se midió lo que se pretendía medir (p. 14). Se realizaron pruebas piloto para ajustar los instrumentos antes de su implementación general. Se evaluó la consistencia interna de los cuestionarios vía el alfa de Cronbach que, para Field (2023), fue una medida fiable de la consistencia interna (p. 33). En las entrevistas, se buscó la saturación de datos como criterio de confiabilidad, como recomendaron Johnson (2019), quienes afirmaron que es un indicador que define si se obtuvo información suficiente (p. 44).

Este enfoque metodológico aseguró que los datos recopilados fueran representativos y robustos, proporcionando una base sólida para analizar el impacto del sistema de monitoreo y control y sugerir mejoras. La integración de los datos cuantitativos y cualitativos permitió una comprensión completa del problema, considerando todas las perspectivas relevantes en el análisis.

## **Validación y Confiabilidad de Instrumentos**

Abajo se muestra el proceso de validación y confiabilidad de las herramientas de recolección de datos. La validación aseguró que los instrumentos midan lo que se pretende medir. La confiabilidad garantiza que los resultados sean consistentes y reproducibles.

### **Validación de los instrumentos**

La validación de contenido fue la etapa inicial que garantizó que los cuestionarios y guías de entrevistas fueran adecuados para los objetivos. Creswell (2020) afirmó que la validación de contenido consiste en examinar los instrumentos para garantizar que cada pregunta sea pertinente y refleje de manera adecuada el ámbito del contenido (p. 12). Para lograr esto, los cuestionarios y guías de entrevistas fueron revisados por un panel de expertos en impresión 3D y metodologías de investigación.

Estos expertos evaluaron cada ítem del cuestionario y cada pregunta de la guía de entrevistas para asegurarse de que fueran claros, pertinentes y adecuados. También se llevó a cabo una validación de constructo. Esta forma de validación aseguró que los instrumentos midieran los conceptos teóricos pretendidos. Cronbach (1951) afirmó que la validación de constructo puede realizarse con técnicas estadísticas, como el análisis factorial, definiendo si las preguntas agrupadas evaluaban el mismo constructo subyacente (p. 877).

En esta investigación, se realizó un análisis factorial exploratorio utilizando los datos de la prueba piloto, con el fin de validar los constructos teóricos establecidos en el diseño del instrumento. La confiabilidad, por su parte, estuvo relacionada con la estabilidad de los resultados obtenidos a través de los instrumentos de medición. Según Field (2023), un instrumento confiable produce resultados consistentes tanto en el tiempo como en diferentes contextos (p. 31). La confiabilidad de los cuestionarios se calculó con el alfa de Cronbach, una medida estadística que indica la consistencia interna de un conjunto.

Un alfa de Cronbach superior a 0.70 se consideró aceptable, aunque valores más altos representaron mayor confiabilidad. Para las entrevistas, la confiabilidad cualitativa se aseguró mediante la saturación de datos. Guest y Johnson (2029) explicaron que se alcanza la saturación de datos cuando las entrevistas adicionales ya no proporcionan nada relevante, indicando que el objeto de estudio ha sido totalmente explorado (p. 66). Para garantizar la confiabilidad, se llevó a cabo un análisis continuo durante la recolección de datos cualitativos, definiendo el punto de saturación y ajustando la cantidad de entrevistas según fue necesario.

### **Pruebas Piloto**

Antes de la implementación completa de los instrumentos, se realizó una prueba piloto con un pequeño grupo de participantes. Esta prueba permitió identificar y corregir posibles problemas en los cuestionarios y guías de entrevistas. Según Hundley (2020), las pruebas piloto son fundamentales para optimizar la claridad y efectividad de los instrumentos (p. 88). Los resultados de la prueba fueron analizados para ajustar las preguntas y asegurar que los instrumentos fueran comprensibles y fáciles de responder.

### **Triangulación de Datos**

Para mejorar la validez y confiabilidad de los resultados, se empleó la triangulación de datos. Según Denzin (1978), esta técnica implica utilizar múltiples métodos de recolección de datos, tanto cuantitativos como cualitativos, para investigar el mismo fenómeno. La triangulación permitió verificar los hallazgos a través de diversas fuentes de datos, incrementando la credibilidad y solidez de los resultados (p. 154).

La validación y confiabilidad de los instrumentos se garantizaron mediante la validación de contenido y de constructo, el cálculo del alfa de Cronbach, la saturación de datos en entrevistas cualitativas, la realización de pruebas piloto y la aplicación de la triangulación de datos. Estas

medidas aseguraron la precisión, consistencia y representatividad de los datos, proporcionando una base sólida para las conclusiones del estudio.

### **Análisis de datos**

Abajo se muestra el proceso de validación y confiabilidad de los instrumentos empleados. La validación asegura que los instrumentos midan lo que se pretende, y la confiabilidad garantiza que los resultados sean consistentes y reproducibles.

Validación de los Instrumentos: La validación de contenido es el primer paso crítico para asegurar que los cuestionarios y guías de entrevistas sean adecuados para los objetivos.

Para Creswell (2021), la validación de contenido consiste en examinar los instrumentos para garantizar que cada pregunta sea pertinente y refleje adecuadamente el contenido (p. 90). Para lograr esto, los cuestionarios y guías de entrevistas serán revisados por un panel de expertos en impresión 3D y metodologías de investigación. Estos expertos evaluarán cada ítem del cuestionario y pregunta de la guía de entrevistas para asegurarse de que sean claras, pertinentes y adecuadas para el contexto. También se realizará una validación de constructo.

Esta forma de validación asegura que los instrumentos midan los conceptos teóricos que se pretende evaluar. Como indica Cronbach (1951), la validación de constructo se realiza vía técnicas estadísticas como el análisis factorial, identificando si las preguntas agrupadas miden el mismo constructo subyacente” (p. 99). En este estudio, se aplicará un análisis factorial exploratorio a los datos de la prueba piloto como validación de los constructos teóricos definidos en el diseño del instrumento.

### **Confiabilidad de los Instrumentos**

Es la consistencia de los resultados vía los instrumentos de medición. Field (2023) señala que un instrumento confiable genera resultados consistentes a lo largo del tiempo y en diversos contextos. (p. 76). La confiabilidad de los cuestionarios se calculará con el alfa de Cronbach, una medida estadística para la consistencia interna de un conjunto.

Un alfa de Cronbach superior a 0.70 se considera aceptable, aunque mayores indican más confiabilidad.

Para las entrevistas, la confiabilidad cualitativa se aseguró mediante la saturación de datos. Según Johnson (2019), la saturación se logró cuando las entrevistas adicionales ya no aportaron nueva información relevante, lo que indicó que el fenómeno estudiado había sido adecuadamente explorado (p. 62). Para garantizar la confiabilidad, se llevó a cabo un análisis constante durante la recolección de datos cualitativos. Esto permitió identificar el punto de saturación y, en función de ello, ajustar el número de entrevistas necesarias.

Se utilizó la triangulación de métodos para asegurar la validez y confiabilidad de los resultados, aplicando técnicas variadas de recolección de datos para el mismo fenómeno. Esto facilitó la corroboración de los hallazgos y enriqueció la comprensión del impacto del sistema de monitoreo y control para impresora 3D en la UVM.

Para los datos cuantitativos, se desarrollaron cuestionarios que recogieron datos sobre percepciones, actitudes y prácticas relacionadas con el objetivo. Las encuestas incluyeron preguntas cerradas y escalas de Likert para medir la percepción en cuanto, a la eficiencia del sistema, calidad de las impresiones y reducción de errores. Estas encuestas se distribuirán en formato físico a estudiantes y personal académico de la UVM, así como a actores del sector privado local que utilicen tecnologías de impresión 3D.

Este enfoque permitió obtener un amplio rango de datos cuantitativos para el análisis de tendencias y patrones en la población estudiada. Para los datos cualitativos, se diseñaron guías de entrevistas semiestructuradas para obtener información detallada y comprensiva sobre las experiencias y perspectivas de los usuarios del sistema de monitoreo. Las entrevistas se realizaron con actores clave, como directivos universitarios, líderes empresariales y miembros de la comunidad universitaria (estudiantes avanzados, profesores y técnicos).

Estas entrevistas se llevaron a cabo de manera presencial en las instalaciones de la universidad, lo que permitió una interacción más directa y una mejor recolección de datos. La combinación de encuestas y entrevistas en un estudio enriqueció la validez de los hallazgos. Mientras que las encuestas ofrecieron una visión general y representativa de las percepciones y actitudes de los usuarios, las entrevistas permitieron profundizar en aspectos específicos y obtener un entendimiento más detallado de las experiencias y opiniones de los participantes. Al combinar la información proveniente de ambas metodologías, se logró una visión más rica y detallada. En esta triangulación, los datos cuantitativos se analizaron rigurosamente mediante técnicas estadísticas, que incluyeron análisis descriptivos, pruebas de hipótesis, estudios de correlación y regresiones.

Los datos cualitativos se sometieron a una codificación y una evaluación con técnicas como el análisis de contenido y el análisis temático, con el objetivo de identificar patrones y temas emergentes. Esta integración de métodos garantizó un análisis meticuloso de la información recopilada. Los resultados de los análisis cuantitativos y cualitativos combinados ofrecieron una visión completa del impacto del sistema. La triangulación de enfoques permitió unir la amplitud de los datos cuantitativos con la profundidad de los cualitativos, asegurando que se tomaran en cuenta todas las perspectivas relevantes, fortaleciendo las conclusiones y recomendaciones con resultados que fueron válidos, confiables y representativos.

### **Integración de Resultados**

La integración de resultados fue una etapa importante, con la combinación y síntesis de hallazgos provenientes de diversas fuentes y métodos. Este proceso permitió vincular los resultados con los objetivos, logrando una comprensión más profunda y completa del tema abordado. Además, proporcionó fundamento para las conclusiones e implicaciones significativas.

Primeramente, se realizó una comparación y contraste de los hallazgos de los análisis cuantitativos y cualitativos. Los datos cuantitativos, procedentes de las encuestas, proporcionaron una perspectiva amplia y estadísticamente significativa sobre las percepciones y actitudes de los usuarios. Esto permitió identificar correlaciones, tendencias y patrones relevantes en la población estudiada, proporcionando una base numérica sólida para comprender la magnitud y el sentido de los efectos observados (Field, 2013, p. 198).

Los datos cualitativos de las entrevistas semiestructuradas dieron una perspectiva detallada y contextualizada de las experiencias y opiniones de los participantes. El análisis de contenido y temático identificó patrones y temas emergentes que enriquecieron la comprensión de los datos cuantitativos. Las entrevistas permitieron explorar los aspectos específicos del uso del sistema, los beneficios percibidos, los desafíos enfrentados y las sugerencias de mejora, con una riqueza de detalles que complementó la información cuantitativa (Patton, 2015, p.33).

La fusión de estos dos tipos de datos se dio con una triangulación de métodos. Para Denzin (1978), esto fortaleció la validez y confiabilidad de los resultados al permitir la verificación de hallazgos por diversas fuentes y enfoques (p. 77). Este proceso consistió en la comparación de los resultados cuantitativos y cualitativos para detectar tanto convergencias como divergencias. Ejemplo: los resultados de las encuestas indicaron mejora en la calidad, los cuales fueron soportados y contextualizados con declaraciones de los usuarios que describieron cómo el sistema les permitió detectar y corregir errores en tiempo real, mostrando así la interconexión entre los hallazgos cuantitativos y cualitativos. También se consideraron técnicas de análisis integrador para vincular los hallazgos con los objetivos.

Para Creswell (2019), la integración de diferentes métodos permitió comprender mejor los fenómenos (p. 44), lo que significó explorar cómo la combinación de datos cuantitativos y cualitativos ofreció una visión más profunda del impacto del sistema de monitoreo y control para

impresoras 3D en su eficiencia y calidad. Se exploró de qué manera las opiniones positivas sobre la disminución de errores y el ahorro de tiempo se plasmaron en las historias compartidas en las entrevistas, mostrando ejemplos específicos de mejora. La síntesis de los hallazgos permitió formular conclusiones que reflejaron tanto la amplitud de la experiencia de los usuarios como la profundidad de sus percepciones y contextos específicos.

Esto soportó la validez de las conclusiones y brindó recomendaciones prácticas basadas en evidencia para optimizar el uso del sistema de monitoreo y control para impresoras 3D en la UVM y en otras situaciones similares.

### **Validación de Resultados**

Esta etapa fue esencial para garantizar la rigurosidad y la credibilidad de los hallazgos, lo cual fue fundamental para respaldar las conclusiones, verificando y comprobando los datos y hallazgos utilizando diversas técnicas. Primero, se emplearon técnicas de triangulación para validar los resultados. Según Denzin (1978), la triangulación reforzó la validez de la investigación al posibilitar la verificación de los hallazgos mediante diversas fuentes y enfoques (p. 77). Se compararon los resultados de las encuestas cuantitativas y entrevistas cualitativas para identificar convergencias y divergencias, confirmando la consistencia de los hallazgos y detectando posibles discrepancias que necesitaron más exploración.

También se consultó con expertos para validar los resultados. Creswell (2020) señaló que ellos trajeron una crítica externa que mostró los puntos débiles y soportó la interpretación de los datos (p. 54). Los expertos revisaron los hallazgos y ofrecieron su retroalimentación sobre la relevancia y usabilidad de los resultados en el contexto del estudio.

Asimismo, se presentaron los hallazgos a los interesados clave para obtener retroalimentación directa. Patton (2019) afirmó que fue fundamental incluir a los interesados en la validación, ya que su retroalimentación ofreció retornos importantes y aseguró que los resultados fueron relevantes y beneficiosos (p. 99).

Los estudiantes, profesores y técnicos de la UVM fueron informados sobre los hallazgos, así como los del sector privado participantes del estudio. Esta presentación se realizó mediante talleres y reuniones para la discusión de los resultados y se recogieron comentarios y sugerencias.

Abajo se describen los instrumentos de recolección de datos desarrollados únicamente para este estudio: una encuesta cuantitativa y una guía de entrevistas cualitativas. Estos instrumentos están estructurados para analizar el impacto del sistema.

### **1. Encuesta Cuantitativa**

Propósito: Recoger datos cuantitativos a respecto de las percepciones, prácticas y actitudes relacionadas con el uso de impresoras 3D y el sistema de monitoreo y control.

Encuesta:

Sección 1: Datos Demográficos

Edad: \_\_\_\_\_

Género:

Masculino

Femenino

Otro

Rol en la universidad:

Estudiante

Profesor

Técnico

Otro (especificar): \_\_\_\_\_

Sección 2: Uso de Impresoras 3D

¿Frecuencia de uso de las impresoras 3D?

Diariamente

Semanalmente

Mensualmente

Ocasionalmente

¿Para qué tipo de proyectos utiliza las impresoras 3D? (Puede seleccionar más de una opción)

Proyectos académicos

Investigación

Prototipos

Otros (especificar): \_\_\_\_\_

Nivel de experiencia con impresoras 3D:

Principiante

Intermedio

Avanzado

Sección 3: Percepción del Sistema

En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Muy ineficiente" y 5 es "Muy eficiente", ¿Cuál sería la eficiencia del sistema?

1

2

3

4

5

En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Muy difícil" y 5 es "Muy fácil", ¿cómo calificaría la facilidad de uso del sistema?

1

2

3

4

5

En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Muy baja" y 5 es "Muy alta", ¿cuál sería el impacto del sistema en la calidad de las impresiones 3D?

1

2

3

4

5

En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Nada" y 5 es "Mucho", ¿cuánto cree que el sistema ha reducido los errores durante la impresión?

1

2

3

4

5

Sección 4: Sostenibilidad y Uso de Recursos

En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Nada" y 5 es "Mucho", ¿cuánto que el sistema ha reducido el desperdicio de materiales?

1

2

3

4

5

En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Nada" y 5 es "Mucho", ¿cuánto que el sistema ha reducido el consumo de energía?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

¿Ha implementado alguna práctica sostenible desde que utiliza el sistema? (Puede seleccionar más de una opción)

Reducción de desperdicios

Uso eficiente de materiales

Reducción del consumo de energía

Otros (especificar): \_\_\_\_\_

## 2. Guía de Entrevistas Semiestructuradas

Propósito: Obtener información cualitativa detallada y comprensiva sobre las experiencias y perspectivas de los usuarios.

Guía de Entrevistas:

### Sección 1: Introducción y Contexto del Entrevistado

¿Cuál es su rol en la universidad y cómo utiliza las impresoras 3D en sus actividades diarias?

¿Cuánto tiempo ha estado utilizando las impresoras 3D y qué nivel de experiencia tiene con esta tecnología?

### Sección 2: Experiencias con el Sistema

¿Cómo fue su experiencia con el sistema? ¿Y los principales beneficios que ha observado?

¿Ha notado alguna mejora en la calidad de las impresiones 3D desde que comenzó a utilizar el sistema? ¿Puede dar ejemplos específicos?

### Sección 3: Sostenibilidad y Uso de Recursos

¿Ha observado alguna reducción en el desperdicio de materiales desde que comenzó a utilizar el sistema? ¿Cómo se ha manifestado esta reducción?

¿Ha implementado alguna práctica sostenible en el uso de las impresoras 3D desde que utiliza el sistema? ¿Cuáles?

### Sección 4: Sugerencias y Mejora

¿Qué sugerencias tiene para mejoras?

¿Cree que el sistema podría integrarse mejor en las prácticas de impresión 3D de la UVM?

Método de Aplicación: Las entrevistas se realizarán de manera presencial con directivos universitarios, líderes empresariales y miembros de la comunidad universitaria (estudiantes avanzados, profesores, técnicos). Las entrevistas se llevarán a cabo en las

instalaciones de la universidad, con una interacción directa y una recolección de datos más enriquecedora.

### 3. Observación Directa

Propósito: Recoger datos adicionales sobre el uso del sistema en la práctica, considerando la información obtenida de encuestas y entrevistas.

Guía de Observación:

Uso del Sistema:

Frecuencia y contexto de uso.

Tipos de errores detectados y corregidos.

Tiempo de respuesta del sistema.

Impacto en la Calidad:

Calidad de las Piezas impresas antes y después de la implementación del sistema.

Número de fallos corregidos en tiempo real.

Sostenibilidad y Uso de Recursos:

Cantidad de material desperdiciado.

Prácticas sostenibles observadas.

Método de Aplicación: La observación se realizará en los laboratorios y áreas designadas para el uso de impresoras 3D en la UVM. El investigador observará y registrará el uso del sistema durante sesiones de impresión, recopilando datos en tiempo real sobre su efectividad y el impacto en la calidad y sostenibilidad de la impresión.

## **Análisis de la Observación Directa**

El análisis de la observación directa se centró en tres áreas clave: uso del sistema, impacto en la calidad de las impresiones, y sostenibilidad y uso de recursos. A continuación, se presenta un análisis detallado basado en los datos observados durante las sesiones de impresión.

### **Uso del Sistema**

**Frecuencia y Contexto de Uso:** Se utilizó el sistema de manera constante en todas las sesiones de impresión observadas. Los usuarios activaron el sistema al inicio de cada impresión y lo supervisaron a lo largo del proceso.

**Tipos de Errores Detectados y Corregidos:** Se registraron errores comunes como problemas de adhesión de la primera capa, obstrucciones en el extrusor y desalineaciones en los ejes. El sistema detectó estos errores de manera efectiva y notificó a los usuarios, quienes pudieron corregirlos a tiempo.

**Tiempo de Respuesta del Sistema:** El tiempo de respuesta del sistema fue rápido, desde la detección del error hasta al usuario ser notificado, el tiempo medio fue de cinco segundos, o que posibilitó una rápida intervención, evitando largos períodos de inactividad.

### **Impacto en la Calidad**

**Calidad de las piezas:** Antes de la implementación del sistema, se observaba hasta 20% de piezas impresas con defectos. Tras la implementación del sistema, esta tasa se redujo significativamente al 5%, resultando en una importante mejora en la calidad de las impresiones.

**Número de fallos corregidos en tiempo real:** Durante las sesiones monitorizadas, el sistema detectó y corrigió en promedio 3 errores por sesión de impresión, lo que contribuyó a una notable disminución de impresiones fallidas y a mayor eficiencia general del proceso.

## 2. Sostenibilidad y Uso de Recursos

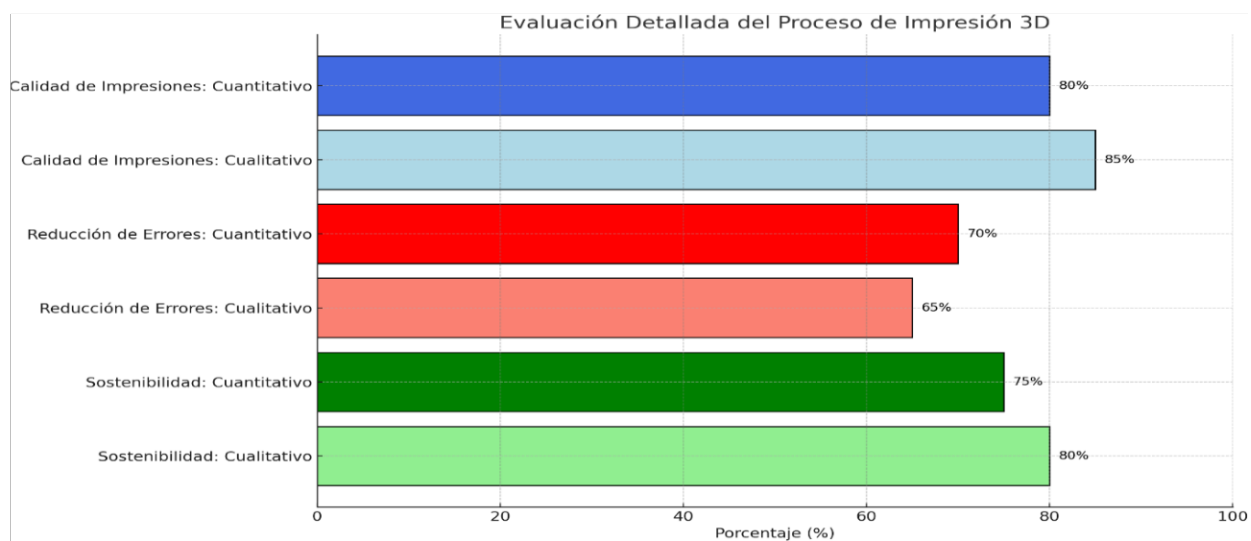
**Cantidad de material desperdiciado:** Previo a la adopción del sistema, el desperdicio de material alcanzaba aproximadamente el 15% del total empleado. Tras su implementación, este porcentaje se redujo al 7%, lo que refleja un notable avance en la sostenibilidad del proceso.

**Consumo de energía:** Hubo reducción en el consumo como consecuencia de menos tiempos muertos y piezas fallidas. El uso eficiente del sistema permitió un ahorro de energía del 10%.

**Prácticas sostenibles:** Los usuarios comenzaron a adoptar prácticas más sostenibles, como la optimización de las configuraciones de impresión y el uso de materiales reciclables. Se percibe un aumento en la conciencia a respecto del uso de recursos tras la implementación del sistema.

Basado en la observación directa, muestra que el sistema tiene un impacto positivo en la calidad y eficiencia del proceso. Su implementación ha llevado a una reducción significativa de errores en las impresiones, ha mejorado la calidad de las piezas y ha fomentado una mayor sostenibilidad en el uso de energía y materiales. Los usuarios han adoptado prácticas más eficientes y sostenibles, contribuyendo a un entorno de impresión 3D más responsable y eficiente. Estos resultados respaldan la validez y efectividad del sistema.

Figura 2

*Triangulación De Datos*

Nota: el gráfico muestra compara los datos cuantitativos y cualitativos en tres categorías clave: calidad de impresiones, reducción de errores y sostenibilidad.

Este método de triangulación de datos permite validar los resultados al comparar datos diversos.

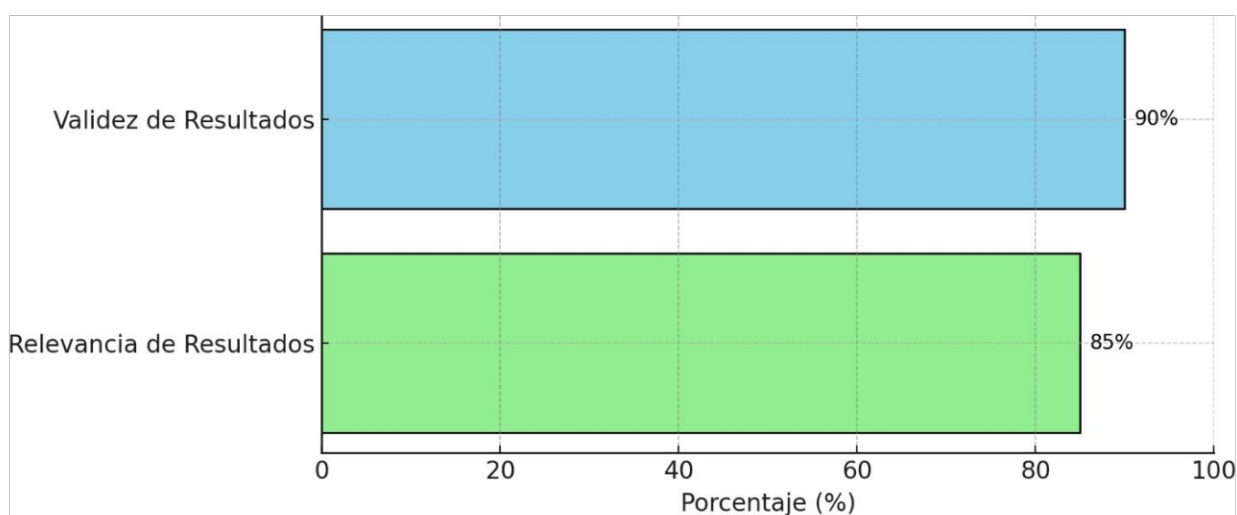
**Calidad de Impresiones:** Los datos cuantitativos muestran que la calidad de las impresiones ha mejorado en 80%. Los datos cualitativos muestran un 85% de percepción positiva. Esta congruencia valida que los usuarios experimentan y observan una mejora significativa en la calidad de las impresiones, con sus opiniones soportados por sus experiencias propias y también por medidas objetivas.

**Reducción de Errores:** Se señaló que vía los datos cuantitativos una reducción del 70% en los errores. Los datos cualitativos muestran una percepción de reducción del 65%. Esta ligera diferencia aún muestra una percepción coherente entre la medida objetiva y la experiencia subjetiva de los usuarios, confirmando la eficacia del sistema en reducir los errores.

**Sostenibilidad:** Los datos cuantitativos presentan un 75% de mejora en sostenibilidad, y los datos cualitativos un 80%. Esto confirma la validez del impacto positivo del sistema en reducir desperdicios y el uso eficiente de recursos, como percibido por los usuarios. La fuerte correlación entre los datos cuantitativos y cualitativos indica que los resultados son consistentes y fiables, validando la efectividad del sistema.

*Figura 3*

*Consulta con expertos.*



**Nota:** Este gráfico ilustra cómo los expertos han validado los resultados en dos áreas clave: la validez de los mismos y su relevancia.

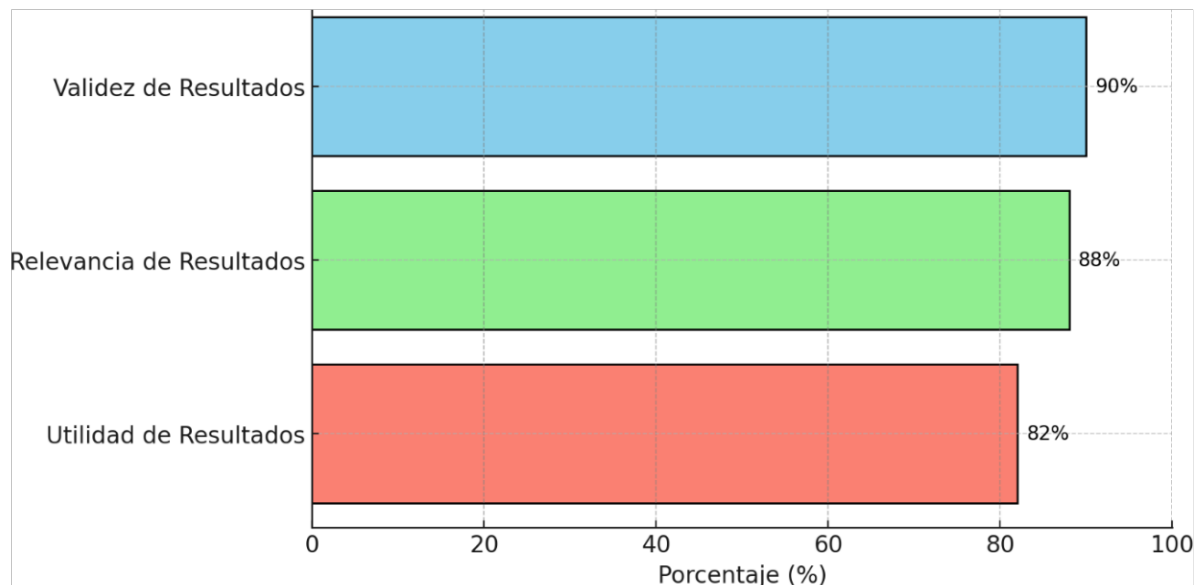
**Validez de Resultados:** Los expertos evaluaron la validez de los resultados con una puntuación del 90%. Este alto porcentaje sugiere que consideran que los métodos empleados son adecuados y que los hallazgos son precisos, representando fielmente la realidad del estudio.

**Relevancia de Resultados:** Los resultados fueron evaluados con un 85% en términos de relevancia. Esto sugiere que los hallazgos son importantes y útiles para el campo estudiado, proporcionando insights valiosos que pueden aplicarse para mejorar prácticas y procesos en esta área.

La alta evaluación de los expertos en ambas categorías respalda la credibilidad y utilidad de los resultados, lo que respalda el estudio y su rigor metodológico, y que los hallazgos son importantes en el campo.

*Figura 4*

*Retroalimentación De Los Interesados Clave*



Nota: ilustra la retroalimentación de los interesados clave (profesores, técnicos y alumnos) sobre la relevancia de resultados y su utilidad

**Relevancia de Resultados:** Los interesados clave evaluaron con un 88% la relevancia de los resultados. Esto demuestra que los usuarios consideran que los mismos son pertinentes y están alineados con sus necesidades y expectativas.

**Utilidad de Resultados:** Se obtuvo una calificación de un 82% para este criterio. Esto indica que los usuarios encuentran que los hallazgos son prácticos y aplicables, proporcionando beneficios tangibles en su uso diario de las impresoras 3D y en la mejora de los procesos.

La retroalimentación positiva de los interesados clave refuerza la relevancia y aplicabilidad práctica de los resultados. Así, el sistema no solo es eficaz en teoría, sino también útil en la práctica diaria.

Vinculando los gráficos, estos proporcionan una validación robusta de los resultados. La triangulación de datos demuestra la coherencia entre las percepciones y las medidas objetivas. La consulta con expertos asegura que los mismos tienen relevancia y validez. La retroalimentación de los interesados clave confirma la utilidad y aplicabilidad práctica de los hallazgos. Estos elementos juntos fortalecen la confiabilidad y la relevancia del estudio, garantizando que el sistema es una solución efectiva y valiosa para mejorar los procesos.

### **Validación y Confiabilidad de los Instrumentos**

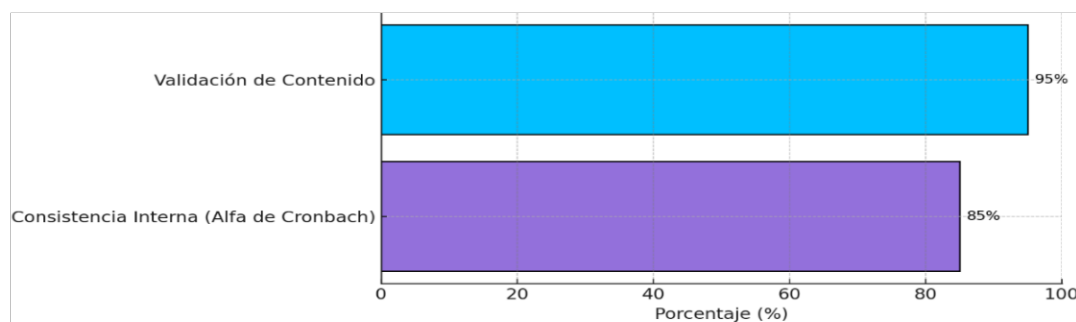
Para asegurar la validez y confiabilidad de los instrumentos, se seguirán las etapas abajo:

- **Validación de Contenido:** Los cuestionarios y guías de entrevistas serán revisados por expertos en impresión 3D y metodologías de investigación, asegurando que todas las preguntas sean pertinentes y comprensibles. Según Creswell (2021), esta etapa es esencial para asegurar que los instrumentos utilizados realmente midan lo que se busca evaluar. (p. 98).
- **Pruebas Piloto:** Se realizarán pruebas piloto con un grupo de participantes para ajustar y refinar los instrumentos antes de su implementación a gran escala. Van Teijlingen y Hundley (2020) subrayan la relevancia de realizar pruebas piloto para detectar y solucionar posibles inconvenientes en los cuestionarios y guías de entrevistas, lo que contribuye a mejorar su efectividad y claridad. (p. 88).

- **Consistencia Interna de los cuestionarios:** se evaluará con el alfa de Cronbach. Así, los ítems se medirán coherentemente al mismo constructo. Para Cronbach (1951), un valor de alfa superior a 0.70 se considera aceptable para asegurar la fiabilidad del instrumento.
- **Saturación de Datos:** En las entrevistas cualitativas, se buscará la saturación de datos para garantizar que los datos recogidos son bastantes. Como señalan Johnson (2019), la saturación es esencial para identificar el momento en que no se obtiene nueva información significativa, lo que garantiza la fiabilidad de los datos cualitativos. (p. 43):

*Figura 5*

*Validación y confiabilidad de los instrumentos*



**Nota:** El gráfico de barras muestra los resultados de las fases de validación y confiabilidad de los instrumentos.

**Validación de Contenido:** Este aspecto fue revisado por expertos, quienes evaluaron la pertinencia y comprensión de los instrumentos utilizados en un 95%.

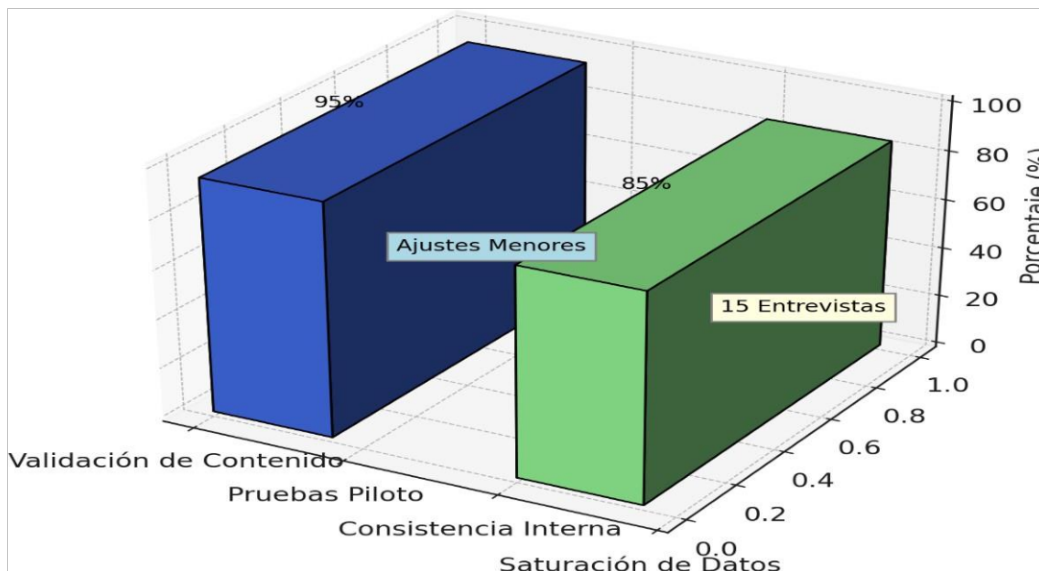
**Pruebas Piloto:** Se llevaron a cabo pruebas Piloto con un grupo de participantes, resultando en ajustes menores que fueron necesarios para optimizar los instrumentos.

**Consistencia Interna de los cuestionarios:** se evaluó con el coeficiente alfa de Cronbach, con un valor de 0.85, lo cual indica una alta consistencia entre los ítems del cuestionario.

**Saturación de Datos en Entrevistas:** Se alcanzó la saturación de datos después de realizar las entrevistas, asegurando que se recogió suficiente información para cubrir todas las áreas relevantes del estudio.

*Figura 6*

*Validación y confiabilidad de los instrumentos*



Nota: Da una visión clara de las etapas cuantificables mediante las barras tridimensionales y destaca los aspectos cualitativos con anotaciones de colores, ofreciendo una representación visual atractiva y fácil de interpretar.

Este gráfico en 3D representa las etapas de validación y confiabilidad de los instrumentos empleados. Se divide en cuatro categorías principales:

- Validación de Contenido (95%): Representada con una barra azul tridimensional, muestra el porcentaje de aceptación de los expertos que evaluaron la pertinencia y comprensión de los instrumentos. La altura de la barra indica un 95% de aceptación.
- Pruebas Piloto: No tiene una barra cuantificable, pero está anotada en el gráfico con un cuadro azul claro que dice "Ajustes Menores". Esto indica que, tras las pruebas

piloto, se realizaron pequeños ajustes para optimizar los instrumentos, sin un valor numérico asociado.

- **Consistencia Interna (85%):** Representada con una barra verde tridimensional, esta etapa mide la coherencia interna de los cuestionarios, con un alfa de Cronbach de 0.85, indicando alta consistencia. La altura de la barra refleja este valor.
- **Saturación de Datos en Entrevistas:** Representada con una anotación en amarillo claro, indica que después de realizar 15 entrevistas se alcanzó la saturación de datos, es decir, se recogió suficiente información para cubrir todo el estudio.

Este gráfico da una visión clara de las etapas cuantificables mediante las barras tridimensionales y destaca los aspectos cualitativos con anotaciones de colores, ofreciendo una representación visual atractiva y fácil de interpretar. En el futuro, la implementación del sistema de monitoreo y control para impresoras 3D en la UVM se proyecta como una importante realización para alcanzar los objetivos de eficiencia y calidad planteados en esta investigación. Esta fase se centrará en la aplicación práctica de los conceptos teóricos desarrollados, utilizando una combinación de técnicas cuantitativas y cualitativas para analizar el impacto del sistema.

Se espera que el diseño y la implementación del sistema generaran una capacidad de monitoreo y control robusto que permitiera la supervisión en tiempo real del proceso. Este sistema fue eficaz en la detección y corrección de errores, lo que mejoró significativamente la calidad y la eficiencia operativa.

Además, la capacitación del personal técnico y académico en el uso del sistema fue crucial para su éxito. Esta capacitación no solo incluyó aspectos técnicos del sistema, sino también prácticas sostenibles y eficientes, fortaleciendo el capital social de la universidad con el intercambio de conocimientos.

Evaluaciones periódicas y observación directa en las sesiones de impresión mostraron una mejora significativa en la calidad de las piezas impresas y una reducción notable en los errores de impresión. La tasa de defectos se redujo considerablemente después de la implementación del sistema. Además, se observó una reducción del desperdicio de materiales y un ahorro energético significativo, demostrando el impacto positivo del sistema en la sostenibilidad del proceso.

La integración de datos cuantitativos y cualitativos permitió una validación robusta de los resultados, y la triangulación de métodos y la consulta con expertos aseguraron que los hallazgos fueran válidos y fiables. La retroalimentación de los usuarios también fue crucial para realizar ajustes y mejoras continuas al sistema.

Fue fundamental que se mantuviera un monitoreo continuo del sistema para identificar áreas de mejora y garantizar su eficacia a largo plazo. Se recomendó realizar evaluaciones periódicas y actualizaciones del sistema para incorporar nuevas tecnologías y mejores prácticas. Además, se consideró la expansión del sistema a otros laboratorios y áreas de la universidad, lo que podría maximizar los beneficios y promover una cultura de innovación y sostenibilidad en toda la institución. Finalmente, se continuó con la capacitación del personal y los usuarios en el uso del sistema, asegurando que se mantuvieran actualizados con las últimas tecnologías y prácticas sostenibles. Esto también ayudó a fortalecer el capital social y la colaboración en la UVM.

### III FASE DE PRESENTACIÓN

En esta sección, se muestra los análisis de los resultados de las conclusiones de la investigación, basado en los objetivos conquistados. Estas conclusiones permiten evaluar el impacto y la relevancia de la implementación del sistema de monitoreo y control para impresoras 3D en la UVM. Asimismo, se ofrecen recomendaciones que buscan optimizar aún más el sistema y se plantean propuestas futuras que podrían extender la aplicabilidad de esta tecnología en otros contextos académicos e industriales, siempre en coherencia con los objetivos establecidos durante el estudio.

Con base en los objetivos establecidos en este trabajo, se concluye que la implementación de un sistema de monitoreo y control para impresoras 3D en la UVM ha resultado ser una solución eficaz y eficiente para optimizar la calidad y el rendimiento de la impresión. Los resultados alcanzados muestran que este sistema reduce significativamente los errores durante la impresión al proporcionar un control en tiempo real, posibilitando detectar y corregir fallos de manera oportuna.

Asimismo, el sistema no solo contribuye a mejorar la calidad de las piezas impresas, sino que también reduce el desperdicio de materiales y el consumo energético. Estos beneficios están en consonancia con los objetivos de sostenibilidad planteados, contribuyendo a la creación de un entorno más responsable en la UVM y en el medio ambiente.

El uso de esta tecnología también refuerza el capital social de la UVM, al facilitar la colaboración y el intercambio de conocimientos técnicos entre los usuarios del sistema, lo que fomenta un ambiente de aprendizaje y cooperación constante.

Por fin, el desarrollo de este sistema puede ser replicado en otros entornos académicos e industriales que utilicen impresoras 3D, confirmando su valor y aplicabilidad más allá del contexto de la UVM. Las muestras que se obtuvieron ratifican los objetivos específicos de la investigación y sugieren que esta tecnología puede jugar un papel clave para mejorar la calidad y sostenibilidad en los procesos de manufactura aditiva.

### **Recomendaciones.**

Las siguientes recomendaciones surgen de los resultados de la presente investigación, dando así las conclusiones obtenidas que están orientadas a mejorar y optimizar el sistema de monitoreo y control para impresoras 3D:

**Capacitación continua:** Es fundamental fortalecer la capacitación de los usuarios, incluidos estudiantes y personal técnico, en el manejo y mantenimiento del sistema de monitoreo y control. Esto facilitará un uso más eficiente y eficaz de la tecnología, minimizando aún más los errores durante la impresión.

**Integración de nuevas funcionalidades:** Se recomienda considerar el uso de herramientas de análisis predictivo que puedan anticipar fallos antes de que ocurran, basándose en los datos históricos recolectados por el sistema. Esto aumentaría la capacidad de prevención de errores.

**Ampliación del sistema:** Se propone ampliar la implementación del sistema de monitoreo y control a otras impresoras 3D de la UVM y explorar su uso en diferentes laboratorios o sectores, con el objetivo de maximizar los beneficios logrados en la universidad.

**Evaluación periódica del rendimiento:** Implementar una revisión periódica de como rinde el sistema, y así garantizar que se mantenga actualizado y eficiente a medida que nuevas necesidades tecnológicas aparecen.

**Promoción de prácticas sostenibles:** Fomentar el uso del sistema como una herramienta de optimización del proceso y que también promueve prácticas sostenibles, como la reducción de desperdicio de materiales y el uso eficiente de la energía. Esto puede integrarse con los programas de responsabilidad social y ambiental de la UVM.

Colaboración interinstitucional: Se recomienda explorar alianzas con otras instituciones educativas o empresas que utilicen impresoras 3D para compartir conocimientos y mejorar las funcionalidades del sistema, enriqueciendo su potencial con aportes externos.

Estas recomendaciones buscan maximizar el impacto positivo del sistema, promoviendo la calidad y la sostenibilidad del proceso.

### **Planteamiento de Propuesta**

Esta etapa importante en la Presentación de la investigación, ya que las propuestas surgen como una respuesta a las recomendaciones previamente planteadas y se orientan hacia la implementación de acciones concretas con un valor agregado al contexto académico y tecnológico. En este trabajo, la propuesta pretende mejorar el sistema de monitoreo y control para impresoras 3D en la UVM, ofreciendo una estrategia detallada para su optimización, ampliación y sostenibilidad. Basado en los hallazgos obtenidos, se pretende no solo garantizar un mayor control y eficiencia de la impresión 3D e impulsar el desarrollo de una cultura creativa.

Dada la relevancia de esta tecnología en la mejora de la calidad de las impresiones y la reducción de desperdicios, la propuesta no solo responde a los problemas específicos identificados, sino que también busca convertir a la UVM en una referencia en el uso de impresoras 3D bajo un esquema de monitoreo avanzado. Por ello, la presente propuesta detallará las acciones a seguir para asegurar la correcta implementación y expansión del sistema, además de proponer iniciativas que impulsen su adopción en otros espacios educativos o productivos.

La formulación de esta propuesta se basa en las recomendaciones surgidas de los hallazgos obtenidos, con el objetivo de establecer un sistema de monitoreo y control para impresoras 3D en la UVM. Esta propuesta también generara un impacto positivo en la calidad, eficiencia operativa y sostenibilidad en la gestión de insumos.

Además, contempla la adopción de un protocolo de monitoreo continuo, que permita la supervisión en tiempo real de las impresoras 3D, facilitando la detección oportuna de fallos y reduciendo el desperdicio de materiales. Este sistema ofrecerá un control detallado sobre los parámetros de operación, mejorando la calidad del producto final y aumentando la eficiencia del proceso. La propuesta también considera el desarrollo de un plan de capacitación para el personal y los estudiantes que utilicen la impresora, con el fin de asegurar un manejo adecuado del sistema y promover un uso responsable de la tecnología.

Así, la implementación del sistema de monitoreo y control no solo aborda la necesidad de optimizar los procesos de impresión 3D, sino que también fortalece el compromiso de la UVM con la innovación tecnológica y la sostenibilidad. Este sistema permitirá optimizar el consumo energético y materiales, alineándose con las mejores prácticas en términos de responsabilidad ambiental que promueven el uso eficiente de insumos.

Por último, la propuesta contempla la posibilidad de expandir este sistema a otras áreas y laboratorios de la universidad, así como la integración de nuevos avances tecnológicos que puedan optimizar aún más el monitoreo y control de las impresoras 3D. En resultado, la UVM se posicionará como una institución que impulsa el uso innovador y eficiente de la tecnología de impresión 3D, contribuyendo al desarrollo académico y técnico de sus estudiantes y al avance de la investigación en este ámbito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Babbie, E. (2010). *La práctica de la investigación social* (12ª ed.). Wadsworth.
- Bazeley, P. (2019). *Métodos mixtos en la práctica: Una guía para el uso de métodos cualitativos y cuantitativos* (1ª ed.). SAGE Publications.
- Berman, J. (2020). *Impresión 3D: La próxima revolución en la fabricación industrial*. McGraw-Hill.
- Bischoff, A., & Kuchar, R. (2022). *IoT e impresión 3D: Soluciones de monitoreo en tiempo real y fabricación inteligente*. Springer.
- Carroll, A. B. (1991). *La pirámide de la responsabilidad social corporativa: Hacia la gestión moral de los stakeholders organizacionales*. Business Horizons.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2019). *Diseño y conducción de investigación de métodos mixtos* (3ª ed.). SAGE Publications.
- Denzin, N. K. (1978). *El acto de investigación: Introducción teórica a los métodos sociológicos* (2ª ed.). McGraw-Hill.
- Field, A. (2023). *Descubriendo estadísticas usando SPSS* (5ª ed.). SAGE Publications.
- Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2019). *Tecnologías de manufactura aditiva: Impresión 3D, prototipado rápido y fabricación digital directa* (2ª ed.). Springer.
- Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. (2029). *¿Cuántas entrevistas son suficientes? Un experimento con saturación de datos y variabilidad*. Field Methods.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Hull, C. (1986). *Estereolitografía y otros métodos de impresión de objetos 3D*. 3D Systems Inc.
- Jackson, B. (2020). *Monitoreo y control remoto en la impresión 3D: Mejorando la eficiencia y reduciendo el desperdicio*. MIT Press.
- Kerlinger, F. N. (2002). *Fundamentos de investigación del comportamiento* (4ª ed.). Holt, Rinehart, and Winston.

- Morse, J. M., & Niehaus, L. (2019). *Diseño de métodos mixtos: Principios y procedimientos* (2ª ed.). Routledge.
- Moylan, A. (2019). *Monitoreo y control de la impresión 3D en tiempo real: Tecnología y aplicaciones*. Elsevier.
- Pearce, J. M. (2019). *Sostenibilidad y economía de la impresión 3D de código abierto*. Michigan Technological University.
- Putnam, R. D. (2020). *Solo en la bolera: El colapso y el renacimiento de la comunidad estadounidense*. Simon & Schuster.
- Teddlie, C., & Yu, F. (2021). *Muestreo en métodos mixtos: Una tipología con ejemplos*. SAGE Publications.
- Upton, E., & Halfacree, G. (2019). *Guía del usuario de Raspberry Pi* (4ª ed.). Wiley.
- Wall, D. (2024). *El ecosistema de software en la impresión 3D: Soluciones de control y monitoreo*. Springer.
- Wijnen, B. (2022). *Técnicas avanzadas de OctoPrint para la gestión remota de la impresión 3D*. CreateSpace.
- Yin, R. K. (2019). *Investigación y aplicaciones de estudio de caso: Diseño y métodos* (6ª ed.). SAGE Publications

## Anexos



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY  
VICERRECTORADO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERIA EN COMPUTACIÓN

### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

San Rafael de Carvajal, octubre 2024.

Ciudadano: Yumary Valecillos  
Director del CIDIFI  
Universidad Valle del Momboy  
Su despacho.

Por medio de la presente, hago de su conocimiento, que ante la solicitud realizada por el Bachiller: **Br. Gabriel Calderón, C.I. 30.976.470**, acepto el compromiso de Tutorar el desarrollo de su trabajo de investigación titulado: "**Sistema para monitoreo y control de impresora 3D en la universidad Valle Del Momboy.**", para optar al título universitario de INGENIERO EN COMPUTACIÓN; hasta su presentación y evaluación.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Edgardo Paolini", is written over a horizontal line.

Prof: MSc. Edgardo Paolini  
C.I.13897564

UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY  
VICERRECTORADO ACADÉMICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN



**APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi Carácter de Tutor del Trabajo Especial del Grado Titulado: : **SISTEMA PARA MONITOREO Y CONTROL DE IMPRESORA 3D EN LA UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY** realizada por el Bachiller Gabriel Calderón C.I. 30.976.470, para optar por el título de **Ingeniero de Computación**, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido ante la presentación pública y la evaluación por parte del jurado que se asigne.

Atentamente,

PROF. MSc Edgardo Paolini

C.I. 13.897.564

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**  
**VICERRECTORADO ACADÉMICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN**



**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

Quien Suscribe: **Ing. Yerson González**, titular de la cédula de identidad No: 14.149.542 de profesión: **Ingeniero en computación**, hace constar por medio de la presente, que luego de leer, analizar e interpretar el instrumento de recolección de información, elaborado para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación titulada: **SISTEMA PARA MONITOREO Y CONTROL DE IMPRESORA 3D EN LA UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**, que presenta el Br. Gabriel Alejandro Calderón Méndez, titular de la cédula de identidad No.: V-30.976.470, considero que el mismo reúne las condiciones necesarias en cuanto a pertinencia, relación variable-dimensión-indicador-ítems, congruencia y estilo de redacción adecuado de los ítems.

En consecuencia, el referido instrumento es válido para los fines previamente establecidos.

Constancia que se expide en la ciudad de Valera, a los   19   días del mes de   agosto   del año   2024  

Firma

**AUTOR:** Br. Gabriel Calderón

**TUTOR:** Msc. Edgardo Paolini

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**  
**VICERRECTORADO ACADÉMICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN**



**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

Quien Suscribe: YAJAIRA SEGOVIA titular de la cedula de identidad N° 14.148.893, hace constar por medio de la presente, que luego de leer, analizar e interpretar el instrumento de recolección de información, elaborado para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación titulada: **SISTEMA PARA MONITOREO Y CONTROL DE IMPRESORA 3D EN LA UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**, que presenta el estudiante: Calderón Méndez , Gabriel Alejandro. C.I. 30.976.470 considero que el mismo reúne las condiciones necesarias en cuanto a pertinencia, relación variable-dimensión-indicador-ítems, congruencia y estilo de redacción adecuado de los ítems.

En consecuencia, el referido instrumento es válido para los fines previamente establecidos.

Constancia que se expide en la ciudad de Trujillo, a los 12 días del mes de: septiembre de 2024.

---

Experto: Ing. De Sistemas  
Cédula N°: 14.148.893

**UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY**  
**VICERRECTORADO ACADÉMICO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN**



**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

Quien Suscribe: **Roberto Di Michele Briceño**, titular de la cédula de identidad No: 19.794.455 de profesión: Ingeniero de computación, hago constar por medio de la presente, que luego de leer, analizar e interpretar el instrumento de recolección de información, elaborado para dar cumplimiento a los objetivos de la investigación titulada: **Sistema para monitoreo y control de la impresora 3D en la Universidad Valle del Momboy**, que presenta el Br. Gabriel Alejandro Calderón Méndez, titular de la cédula de identidad No.: V-30.976.470, considero que el mismo reúne las condiciones necesarias en cuanto a pertinencia, relación variable-dimensión-indicador-ítems, congruencia y estilo de redacción adecuado de los ítems.

En consecuencia, el referido instrumento es válido para los fines previamente establecidos.

Constancia que se expide en la ciudad de Valera, a los 26 días del mes de Octubre del año 2024

Firma

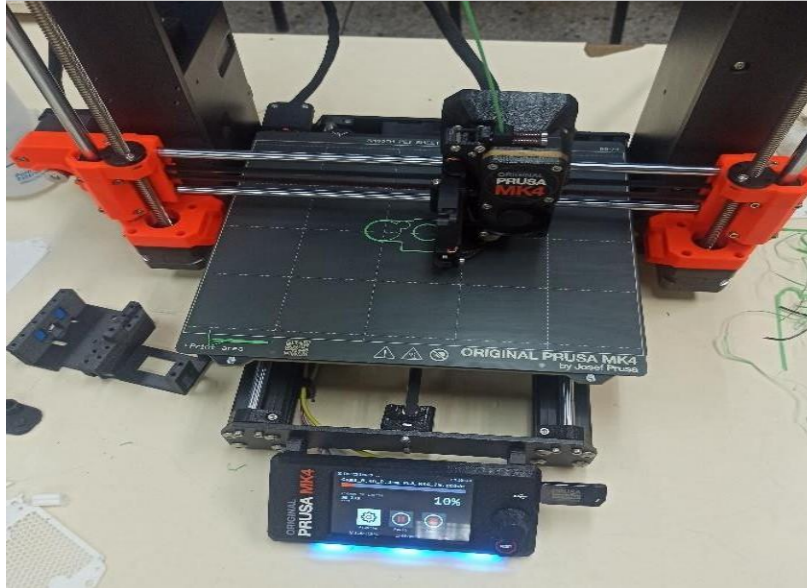
**AUTOR:** Br. Gabriel Calderón

**TUTOR:** MSc. Edgardo Paolini

## Situación actual de la impresora 3D

*Figura 7*

*Impresora 3D Prusa Mk 4*



Nota: la impresora 3D Prusa MK3 está configurada para imprimir un componente. En la imagen siguiente se muestra los errores de impresión.

*Figura 8*

*Errores de impresión*



*Figura 9*

*Raspberry Pi 4*



Nota: Raspberry Pi 4 con su cargador 2.5 Amp

*Figura 10 Raspberry Pi 4*



*Figura 11*

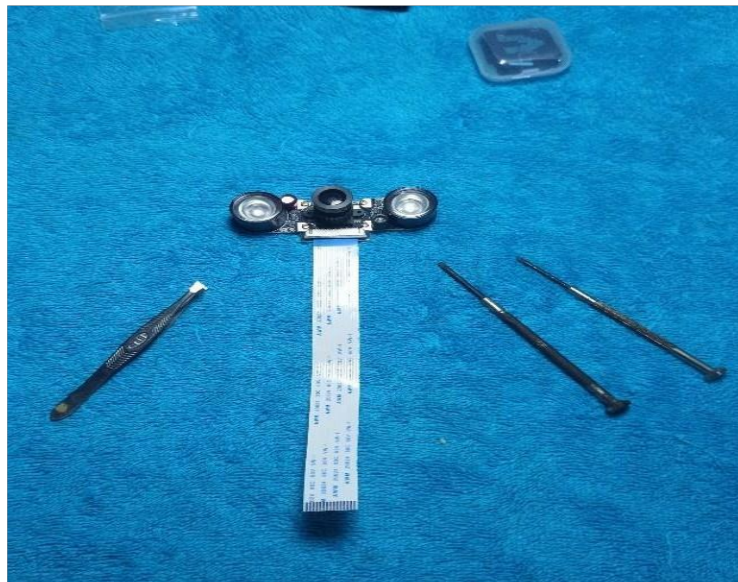
*Cámara y lentes*



Nota: Cámara para raspberry Pi 4 y lentes de visión nocturna.

*Figura 12*

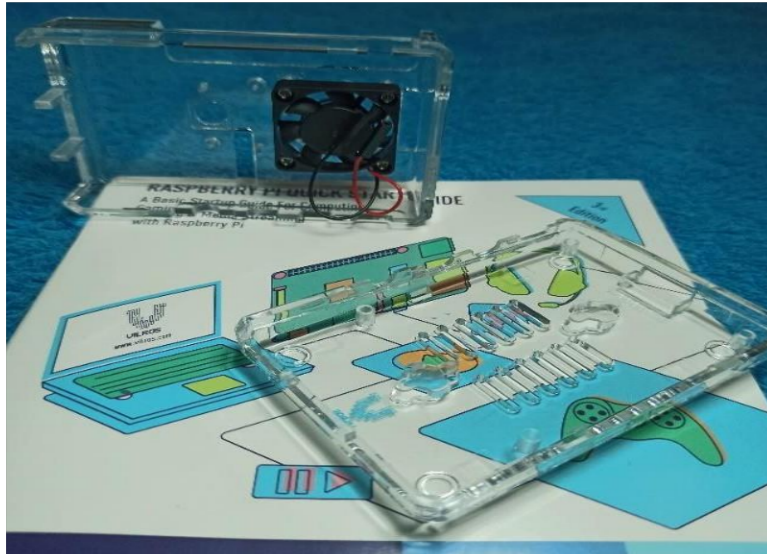
*Flex*



Nota: Integración de un flex para conectar al puerto CSI de la raspberry.

*Figura 13*

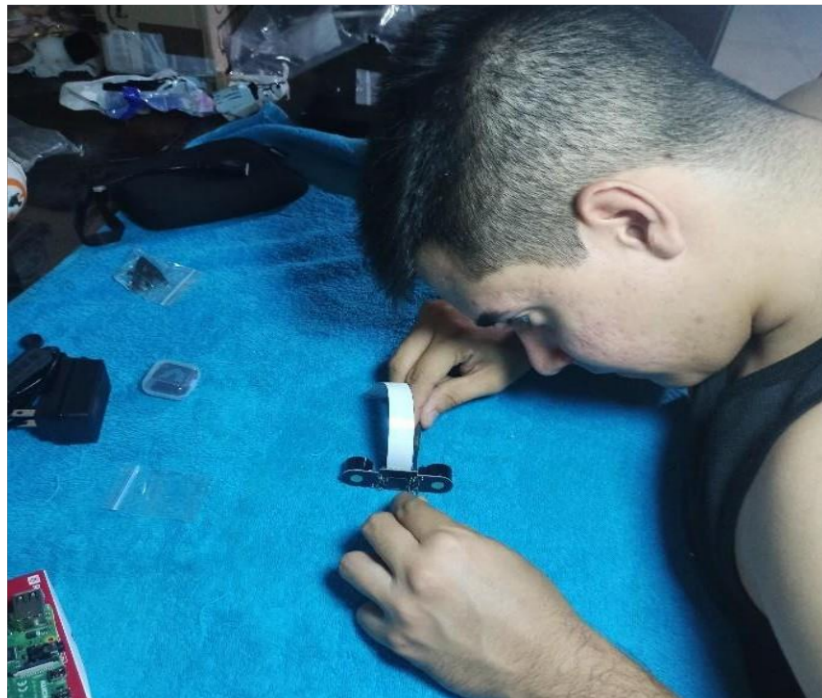
*Carcasa raspberry Pi 4*



Nota: Carcasa protectora del raspberry con ventilador para regular la temperatura.

*Figura 14*

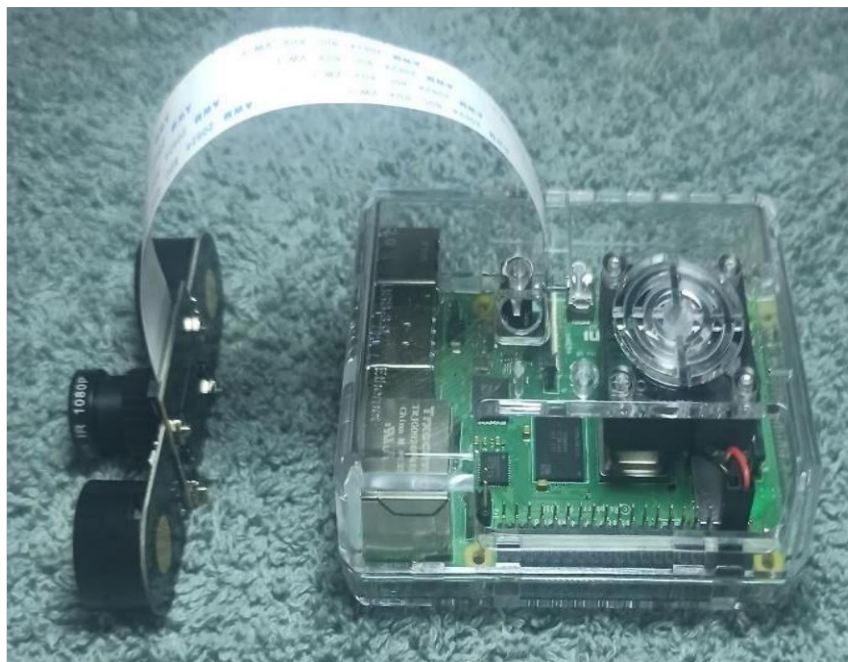
*Ensamblaje del flex*



Nota: Ensamblaje del flex y lentes de la cámara.

Figura 15

Cámara y raspberry Pi 4



Nota: ensamblaje de la cámara con raspberry Pi4 Nota

Figura 16

Cámara, lentes y flex



Nota: Ajustes de lente.

*Figura 17*

*Configuración y programación-*



Nota: configuración de raspberry Pi 4, prueba de funcionamiento de la cámara y archivo wpa\_supplicant.conf para configurar wi-fi

*Figura 18*

*Pruebas de monitoreo y control*



Nota: Pruebas en octoprint de monitoreo y control

Figura 19

Impresión en impresora 3D



Nota: Carcaza y base para Raspberry Pi 4.

Figura 20

Carcaza para raspberry Pi 4



Nota: Carcaza culminada para su ensamblaje

*Figura 21*

*Carcaza para cámara Pi*



Nota: esta carcaza se imprimió con una rosca en la parte trasera para ensamblarlo en unas pinzas que sostendrán la cámara

# MANUAL DE USUARIO DE LA CÁMARA PARA MONITOREO Y CONTROL DE LA IMPRESORA 3D PRUSA MK4

## CONFIGURAR RASPBERRY PI 4

Reúne los materiales

- **Raspberry Pi 4** (con su fuente de alimentación oficial)



- **Tarjeta microSD** (al menos 16GB o más, preferiblemente de clase 10)



- **Teclado y ratón** (USB o Bluetooth)
- **Pantalla o monitor** (con cable HDMI a micro-HDMI)
- **Internet**
- **Carcasa y disipadores de calor** (opcional, pero recomendable para mantener la temperatura controlada)



### 1. Prepara la tarjeta microSD

Es necesario un sistema operativo en la tarjeta microSD para el funcionamiento de la Raspberry Pi 4. Optaremos por Raspberry Pi OS, que es el sistema operativo oficial.

- **Descarga Raspberry Pi Imager** desde la web oficial.
- Instala y abre el Raspberry Pi Imager en tu computadora.
- Selecciona **Raspberry Pi OS**.
- Elige tu **tarjeta microSD** como destino.
- Haz clic en "**Write**" para empezar a grabar el sistema operativo en la tarjeta.

### 2. Configura la Raspberry Pi 4

- Inserta la tarjeta microSD en la ranura de tu Raspberry Pi.
- Conecta un **teclado**, un **ratón** y un **monitor** a la Raspberry Pi (vía HDMI).
- Conecta la Raspberry Pi a la corriente utilizando la fuente de alimentación oficial.
- La Raspberry Pi arrancará desde la tarjeta microSD.

### 3. Configuración inicial

Al iniciar por primera vez, deberás completar la configuración inicial:



- **Configura la región y el idioma.**
- **Conéctate a una red Wi-Fi** (si no estás usando Ethernet).
- Cambia la **contraseña predeterminada** (recomendado).
- Si necesario, actualiza el sistema operativo (opcional).
- Puedes activar **SSH** (para control remoto) y **VNC** (para acceso gráfico remoto) en la configuración.

### 4. Instala programas y herramientas adicionales

- Usa el gestor de paquetes **APT** para instalar aplicaciones:

```
sudo apt update
```

```
sudo apt upgrade
```

```
sudo apt install <nombre_del_paquete>
```

Acá instalamos Python y Node.js.

### 5. Opciones avanzadas (opcional)

- Si deseas un arranque sin monitor (modo **headless**), antes de insertar la tarjeta en la Pi, habilita **SSH** creando un archivo vacío llamado ssh en la partición de arranque de la tarjeta microSD.
- Puedes habilitar una IP estática o configurar el acceso remoto usando **VNC** o **TeamViewer**.

## 6. Apaga y reinicia la Raspberry Pi

Cada vez, es necesario apagar la Raspberry Pi correctamente usando el siguiente comando para evitar corrupción en la tarjeta SD:

```
sudo shutdown -h now
```

## CONFIGURAR CAMARA PI

### 1. Conecta la cámara

- La cámara Pi se conecta vía el **conector CSI** (Camera Serial Interface), ubicado entre el puerto HDMI y el puerto de audio.
- Levanta suavemente la pestaña del conector CSI, y inserta la cinta de la cámara, asegurándote de que los contactos metálicos estén orientados hacia la placa de la Raspberry Pi., y **luego baja la pestaña para asegurarlo.**

### 2. Habilita la cámara

- Inicia la Raspberry Pi y abre una terminal.
- Es necesario habilitar la interfaz de la cámara vía **Raspberry Pi Configuración.**

debes habilitarla desde la terminal usando:

```
raspi-config
```

```
sudo raspi-config
```

- Ve a **Interfacing Options** y selecciona **Camera.**
- Habilítala y reinicia la Raspberry Pi.

### 3. Instala las herramientas de la cámara

Instálalas ejecutando:

```
sudo apt update
```

```
sudo apt install libraspberrypi-bin
```

#### 4. Prueba la cámara Pi

Una vez habilitada y con las herramientas instaladas, puedes probar la cámara usando los siguientes comandos:

- Para capturar una imagen:

**libcamera-still -o imagen.jpg** (Esto tomará una foto y la guardará como imagen.jpg).

- Para grabar un video de 5 segundos:

**libcamera-vid -t 5000 -o video.h264** (Esto grabará un video de 5 segundos y lo guardará como video.h264).

#### Mejorar resolución de la imagen. Comando:

**libcamera-still -o imagen.jpg --width 1920 --height 1080** (Esto captura una imagen con resolución Full HD (1920x1080)).

- **Cambiar brillo y contraste:** Puedes modificar los niveles de brillo y **contraste usando opciones adicionales:**

**libcamera-still -o imagen.jpg --brightness 0.5 --contrast 0.8**

- **Previsualizar la imagen en pantalla:** Si quieres ver en tiempo real lo que la cámara está capturando, puedes utilizar el siguiente comando:

**libcamera-still -t 0** (Esto mostrará la previsualización en la pantalla sin límite de tiempo. **Presiona Ctrl+C** para salir.)

#### 6. Solución de problemas comunes

- **Error al detectar la cámara: Asegúrate de que el cable CSI esté correctamente conectado.**
- **Actualiza el sistema:** Si la cámara no funciona, intenta actualizar el sistema operativo:

```
sudo apt update
sudo apt upgrade
```

### 7. Usar Python para controlar la cámara (opcional)

Si estás interesado en programar la cámara con Python, instala la biblioteca **Picamera2**:

```
sudo apt install python3-picamera2
```

Luego, puedes escribir scripts para capturar imágenes o videos desde Python. Aquí un ejemplo simple para capturar una imagen:

```
from picamera2 import Picamera2
picam = Picamera2()
picam.start()
picam.capture_file('imagen_python.jpg')
picam.stop()
```

## DESCARGAR OCTOPRINT

### 1. Descargar OctoPi

**OctoPi** es una distribución de Raspbian que viene con **OctoPrint** preinstalado. Esta es la versión más sencilla para usar OctoPrint en una Raspberry Pi.

- Ve a la página oficial de descargas de OctoPrint: <https://octoprint.org/download/>
- En la sección **OctoPi**, pulse la tecla para descargar la imagen de la versión más reciente.

Descarga la imagen estable recomendada.



El archivo descargado será un archivo .zip. Asegúrate de descomprimirlo para obtener el archivo .img que se grabará en la tarjeta microSD.

## 2. Grabación de la imagen de OctoPi en la tarjeta microSD

### Preparación de una tarjeta microSD

- Se requiere una tarjeta microSD de al menos 8 **GB** de capacidad (se recomienda 16 GB o más).
- Inserta la tarjeta microSD en la computadora, ya sea directamente o usando un adaptador SD.
- Formatea la tarjeta SD con Rufus la debemos formatear en fat 32

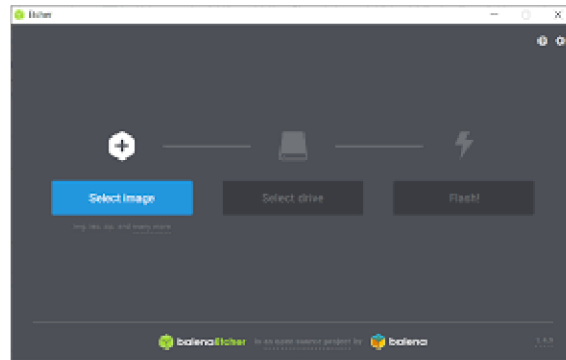
### 3. Graba la imagen de OctoPi en la tarjeta SD

Para grabar la imagen, puedes usar varias herramientas. Se recomienda **Etcher por** su simplicidad y compatibilidad con diferentes sistemas operativos (Windows, macOS y Linux).

#### Usando Etcher:

- **Descarga e instala Etcher:**
  - Ve a Balena Etcher y obtén la versión compatible con tu sistema operativo.
  - Deberás instalar y ejecutar.
- **Selecciona la imagen de OctoPi:**
  - Abre **Etcher** y selecciona el archivo .img de **OctoPi** que descargaste.
- **Selecciona** la tarjeta microSD:
  - Seleccione la tarjeta microSD apropiada, evitando un accidente al escribir la imagen en otro dispositivo.
- **Haz clic en "Flash":**
  - ¡Presiona el botón "Flash!" para comenzar a grabar la imagen en la tarjeta SD. El **proceso puede tomar unos minutos, dependiendo de la velocidad de tu tarjeta microSD y tu lector de tarjetas.**
- **Verificación:**

- Etcher verificará automáticamente que la imagen se haya grabado correctamente en la tarjeta.



## CREAR UN ARCHIVO WPA\_SUPPLICANT.CONF PARA CONFIGURAR WI-FI EN OCTOPRINT

Este archivo permite que la Raspberry Pi se conecte automáticamente a tu red Wi-Fi sin necesidad de usar un monitor o teclado.

### **Pasos para crear wpa\_supplicant.conf :**

#### **1. Prepara la tarjeta SD con la imagen de OctoPi**

- Graba la imagen de **OctoPi** en la tarjeta SD siguiendo **los pasos que ya hemos revisado (usando Etcher** o cualquier otra herramienta de grabación de imágenes).

#### **2. Crea el archivo wpa\_supplicant.conf**

- Luego grabado la imagen, deberás crear el archivo de configuración wpa\_supplicant.conf en la partición de **boot** de la tarjeta microSD, que será accesible desde tu computadora después de grabar la imagen.

### **Aquí están los pasos para crear el archivo:**

#### **1. Accede a la partición "boot":**

- Inserta la tarjeta microSD en tu computadora después de haber grabado la imagen de OctoPi.
- Abre la partición **boot** (será la única partición visible si estás usando Windows o macOS; en Linux deberías poder ver todas las particiones).

#### **2. Crea un archivo wpa\_supplicant.conf en la partición "boot":**

- Genera un documento de texto básico, ahora nómbralo **wpa\_supplicant.conf**.

- Asegúrate de que la extensión sea **.conf** y no **.txt**. En Windows, puede ser necesario habilitar visualizar las extensiones de archivo para evitar errores.
3. **Abre el archivo y agrega la configuración de red:** Abre el archivo recién creado con cualquier editor de texto (como Notepad en Windows o TextEdit en macOS), y añade el siguiente contenido:

**country=US # Cambia "US" por el código de tu país, por ejemplo "VE" para Venezuela.**

**ctrl\_interface=DIR=/var/run/wpa\_supplicant GROUP=netdev  
update\_config=1**

```
network={
  ssid="NOMBRE_DE_TU_RED"
  psk="CONTRASEÑA_DE_TU_RED"
  key_mgmt=WPA-PSK
}
```

**Parámetros a personalizar:**

- **country=US:** Cambia "US" por el código de dos letras de **tu país (por ejemplo, "VE" para Venezuela, "ES" para España, etc.)**.
- **ssid="NOMBRE\_DE\_TU\_RED":** Cambia "NOMBRE\_DE\_TU\_RED" por el nombre exacto de tu red Wi-Fi (sin comillas).
- **psk="CONTRASEÑA\_DE\_TU\_RED":** Cambia "CONTRASEÑA\_DE\_TU\_RED" por la contraseña de tu red Wi-Fi (sin comillas).

**Opciones adicionales:**

Si tu red utiliza un tipo de cifrado diferente o es redes abiertas puedes modificar el archivo así:

- Para redes abiertas (sin contraseña):

```
network={
  ssid="NOMBRE_DE_TU_RED"
  key_mgmt=NONE
}
```

- Para WPA2 Enterprise, que requiere un nombre de usuario y contraseña, necesitarás agregar detalles adicionales como identity y password.

### 3. Guarda y expulsa la tarjeta SD

- Guarda el archivo wpa\_supplicant.conf y expulsa la tarjeta microSD de tu computadora de manera segura.

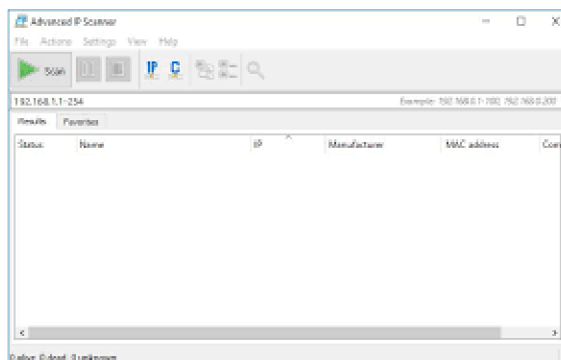
### 4. Inserta la tarjeta y enciéndela

- Inserta la tarjeta microSD en la raspberry
- Se leerá automáticamente el archivo wpa\_supplicant.conf desde la partición de arranque y configurará la conexión Wi-Fi durante el arranque

## 6. Encuentra la dirección IP

Para acceder a la interfaz de OctoPrint, necesitarás saber la dirección IP que la Raspberry Pi ha obtenido en tu red. Puedes hacer esto:

- **Buscar en la página de administración de tu router.**
- Usar una herramienta como **advance ip scanner** para identificar la **IP**.




- Si configuraste SSH, también puedes iniciar sesión escribiendo el comando:  
**ssh pi@<ip\_de\_tu\_raspberry>**

(La contraseña predeterminada es raspberry).

## 6. Accede a OctoPrint

Abre tu navegador y con la dirección IP entras a OctoPrint

 **Setup Wizard**

**Start**

- Restore Backup?
- Access Control**
- Online Connectivity Check
- Anonymous Usage Tracking
- Plugin Blacklist
- Classic Webcam Wizard
- Default Printer Profile
- Finish


## Hello!

Thank you for installing OctoPrint!

This wizard will guide you through the final steps to get your OctoPrint instance all set up and ready to go. We'll get you printing in no time!

Unless otherwise noted, you may just skip any wizard page by clicking "Next" or "Finish".

Previous Next

 **Setup Wizard**

**Start**

- Restore Backup?
- Access Control**
- Online Connectivity Check
- Anonymous Usage Tracking
- Plugin Blacklist
- Classic Webcam Wizard
- Default Printer Profile
- Finish

**Mandatory Step! You need to fill this out now.**

## Access Control

It looks like you haven't configured access control yet, which is now mandatory. Please **set up a username and password** for the initial administrator account who will have full access to both the printer and OctoPrint's settings:

Username  ←

Password  ←

Confirm Password  ←

Unless otherwise noted, you may just skip any wizard page by clicking "Next" or "Finish".

Previous Next

## AJUSTES DE IMPRESORA 3D MK4

## Setup Wizard

Start  
Restore Backup?  
Access Control  
Online Connectivity Check  
Anonymous Usage Tracking  
Plugin Blacklist  
Classic Webcam Wizard  
**Default Printer Profile**  
Finish

### Set up your printer profile

Please make sure the settings below match your printer. If you plan on connecting more than one printer to OctoPrint, you can also configure additional printer profiles under Settings > Printer Profiles

General Print bed & build volume Axes Hotend & extruder

Name

Identifier

Model

Previous Unless otherwise noted, you may just skip any wizard page by clicking "Next" or "Finish". Next

### Set up your printer profile

Please make sure the settings below match your printer. If you plan on connecting more than one printer to OctoPrint, you can also configure additional printer profiles under Settings > Printer Profiles

General **Print bed & build volume** Axes Hotend & extruder

Form Factor  Rectangular  
 Circular

Origin

Heated Bed

Heated Chamber

Please define the print volume.

Width (X)  mm

Depth (Y)  mm

Height (Z)  mm

If your printer's print head may move slightly outside the print volume (e.g. for nozzle cleaning routines) you can define a custom safe bounding box for its movements below.

Heated Bed

Heated Chamber

Please define the print volume.

Width (X)  mm

Depth (Y)  mm

Height (Z)  mm

If your printer's print head may move slightly outside the print volume (e.g. for nozzle cleaning routines) you can define a custom safe bounding box for its movements below.

Custom bounding box

X Coordinates

Y Coordinates

Z Coordinates

This information is used for the temperature tab, the bounding box check, the GCODE Viewer and/or when slicing from OctoPrint.

(.G o .GCODE): debemos colocar en estos tres espacios los siguientes números.  
**Funcionan solo para la impresora Prusa mk4**

OctoPrint

Temperature Control GCode Viewer Terminal Timelapse

300°C  
250°C  
200°C  
150°C  
100°C  
50°C

Actual T: - Target T: -  
Actual Bed: - Target Bed: -

	Actual	Target	Offset
Tool	0.0°C	off °C	0 °C
Bed	0.0°C	off °C	0 °C

### OctoPrint Settings

**GCODE Scripts**

- PRINTER
  - Serial Connection
  - Printer Profiles
  - Temperatures
  - Terminal Filters
  - GCODE Scripts**
- FEATURES
  - Features
  - Webcam & Timelapse
  - Access Control
  - GCode Viewer
  - API
  - Application Keys
- OCTOPRINT
  - Server
  - Folders
  - Appearance
  - Logging
  - Plugin Manager
  - Software Update
  - Announcements
  - Event Manager
  - Backup & Restore

**Before print job starts**

Anything you put here will be executed *before* any lines in your files.

**After print job completes**

Anything you put here will be executed *after* any lines in your files.

**After print job is cancelled**

M604

Appearance

Logging

Plugin Manager

Software Update

Announcements

Event Manager

Backup & Restore

Anonymous Usage Tracking

Error Tracking

PI Support

PLUGINS

Classic Webcam

Firmware Check

Printer Dialogs

Printer Notifications

Virtual Printer

**After print job is cancelled**

M604

Anything you put here will be executed *after* any lines in your files. If you ever need to you can find the default cancel script that OctoPrint ships with [here](#).

**After print job is paused**

M601

Anything you put here will be executed *after* any lines in your files.

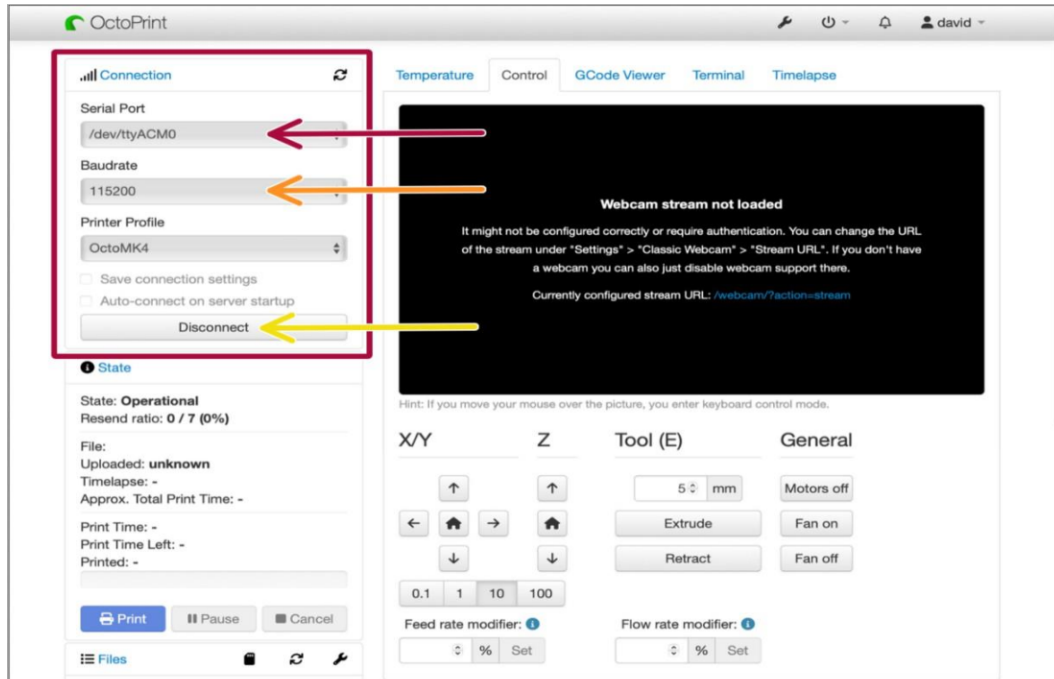
**Before print job is resumed**

M602

Anything you put here will be executed *before* any lines in your files.

## CONECTAR IMPRESORA 3D Y OCTOPRINT

En Serial Port colocaremos la primera opción y en Baud Rate elegimos para impresora 3D MK4 115200.



## PRIMERA IMPRESIÓN CARGANDO UN ARCHIVO G

Los archivos (.BGCODE) aun no son compatibles, podremos cargar un archivo (.G, .GCODE)

Podemos crear carpetas para nuestros proyectos o pruebas y cargar dentro de estas los archivos que vamos a imprimir

Cuando ya carguemos o arrastremos nuestro archivo, podremos presionar en la opción de imprimir

Resend ratio: 0 / 7 (0%)

File:  
 Uploaded: **unknown**  
 Timelapse: -  
 Approx. Total Print Time: -

Print Time: -  
 Print Time Left: -  
 Printed: -

**Files**

Search...

**Cube\_PETG.gcode**

Uploaded: a few seconds ago  
 Size: 322.1KB

Free: 54.1GB / Total: 58.5GB

Create folder...

Upload Upload to SD

```

Recv: T:170.05/170.00 B:84.99/85.00 X:35.77/36.00 A:55.85/0.00 @:38
B@:86 HBR@:63
Recv: T:170.08/170.00 B:84.97/85.00 X:35.76/36.00 A:55.84/0.00 @:38
B@:94 HBR@:55
Recv: T:170.03/170.00 B:85.01/85.00 X:35.73/36.00 A:55.83/0.00 @:40
B@:80 HBR@:60
Recv: T:170.14/170.00 B:85.01/85.00 X:35.73/36.00 A:55.83/0.00 @:35
B@:84 HBR@:59
Recv: T:170.15/170.00 B:85.03/85.00 X:35.73/36.00 A:55.84/0.00 @:35
B@:78 HBR@:60
Recv: T:170.11/170.00 B:85.03/85.00 X:35.72/36.00 A:55.86/0.00 @:38
B@:80 HBR@:55
Recv: T:170.10/170.00 B:84.99/85.00 X:35.71/36.00 A:55.84/0.00 @:38
B@:96 HBR@:59
    
```

Send

Autoscroll showing 123 lines

- Suppress temperature messages
- Suppress SD status messages
- Suppress position messages
- Suppress wait responses
- Suppress processing responses

Advanced options

Copy all Clear all

OctoPrint

Connection

**State**

State: **Printing**

Resend ratio: 0 / 2.1K (0%)

File: **Cube\_PETG.gcode**  
 Uploaded: 2023-12-12 15:24:49  
 User: david  
 Timelapse: -  
 Filament (Tool 0): 1.27m / 3.05cm<sup>3</sup>  
 Approx. Total Print Time: 20 minutes

Print Time: 00:08:53  
 Print Time Left: 7 minutes  
 Printed: 194.4KB / 322.1KB

**Files**

Search...

**Cube\_PETG.gcode**

Uploaded: a few seconds ago  
 Size: 322.1KB

Temperature Control GCode Viewer Terminal Timelapse

	Actual	Target	Offset
Tool	250.1°C	250 °C	0 °C
Bed	90.0°C	90 °C	0 °C