



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo de integración curricular previa a la
obtención del Título de Ingeniera en Mecánica Automotriz**

AUTORES:

Josè Carlos Gaibor Mejia Adonis
Joel Cumbajin Gualoto

TUTOR:

Msc. Gabriela Chávez Ing.

**Automatización de Granja de Manufactura Aditiva
de replicación de repuestos automotrices con policarbonato**

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **José Carlos Gaibor Mejía**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de **mi autoría**; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo los **derechos de propiedad intelectual** a la **Universidad Internacional del Ecuador**, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la **Ley de Propiedad Intelectual**, su reglamento y demás disposiciones legales.



José Carlos Gaibor Mejía

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Adonis Joel Cumbajin Gualoto**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de **mi autoría**; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo los **derechos de propiedad intelectual** a la **Universidad Internacional del Ecuador**, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la **Ley de Propiedad Intelectual**, su reglamento y demás disposiciones legales.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Adonis Joel Cumbajin Gualoto', written over a horizontal line.

Adonis Joel Cumbajin Gualoto

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, **Gabriela Stefany Chàvez Tapia**, certifico que tengo conocimiento sobre los autores del trabajo desarrollado, asumiendo plena responsabilidad por la originalidad, autenticidad y contenido.



firmado electrónicamente por:
**GABRIELA STEFANY
CHAVEZ TAPIA**

valida únicamente con FirmaRC

Ing. Gabriela Chávez. MSc

DEDICATORIA

A Dios, él es mi protector en situaciones difíciles y al mismo tiempo, alegría en mis triunfos. Gracias por darme la fuerza cuando sentía que no podía más, por las bendiciones que llegan incluso cuando no las veo, y por recordarme cada día que nunca estoy solo. Este logro es una muestra de lo que puedo alcanzar con Su guía y amor infinito.

A mi familia

Mi mayor tesoro, mi hogar y mi razón de ser. A mis padres, que, con su amor incondicional, sacrificios y enseñanzas me han dado las herramientas para crecer y avanzar. Sus palabras de ánimo y sus abrazos me sostuvieron cuando más los necesité. A mi hermana, por ser cómplice y ejemplo en cada paso de mi vida. Su cariño ha sido mi refugio constante.

A quienes siempre han creído en mí,
Gracias por estar ahí, por sus palabras, por su paciencia y por hacerme sentir acompañado incluso en los días más complicados. Este logro no es solo mío, sino también de todos los que me han sostenido con su amor y confianza.

Dedico este trabajo, con todo mi corazón, a quienes llenan mi vida de luz, fe y esperanza. Sin ustedes, este sueño no sería una realidad.

(Adonis Joel Cumbajin Gualoto)

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo a todas las personas que se encuentran estudiando ingeniería automotriz, nunca se den por vencido y que las cosas buenas siempre empiezan con algo difícil y lleven consigo que todo se puede.

A Dios por ser el pilar en mi vida, y saber guiarme por el camino correcto y abrir mis ojos en cada situación que ejecute sin antes pensar.

Finalmente seré un gran profesional que ayudará a las personas que crean que existen preguntas tontas sin saber que existen tontos que no hacen preguntas y con ello ayudarlos a crecer personal y profesionalmente, en medio de la tormenta siempre buscaré a mi papá que será mi compañero, amigo y motor para un cariño y motivación leal sin muchas palabras.

(José Carlos Gaibor Mejía)

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer profundamente a la Msc. Gabriela Stefany Chàvez Tapia, mi tutora, por su apoyo, orientación y dedicación en este proceso. Su orientación, consejos fueron el pilar para el desarrollo del trabajo.

Agradezco también a mi compañero José Carlos Gaibor Mejia, por su colaboración y amistad, así como a mis amigos, quienes me ofrecieron su apoyo y motivación en todo momento.

Finalmente, a mis profesores, por su enseñanza y por contribuir a mi formación académica y profesional. Sin el apoyo de todos ustedes, este proyecto no habría sido posible.

(Adonis Joel Cumbajin Gualoto)

AGRADECIMIENTO

A ti Dios por ser parte de cada proceso y paso que he dado para llegar a cumplir cada una de mis metas, por nunca dejarme, soltarme en los momentos más difíciles que se han presentado en este transcurso y haberme iluminado sin darme cuenta en cada paso cuando sentía que me desviaba.

A mis papás Carlos y Kathy que han sido el pilar fundamental para que yo cumpla mis metas, sin ellos no podría seguir avanzando, han sido mi motor de combustión interna en cada proceso de mi vida, y una muestra de que las cosas con sacrificio y honestidad siempre serán bien recompensadas por Dios y darme las herramientas para que cumpla mis sueños.

A mis abuelitos, Alcivar, Rosa, Alicia, que siempre han estado presentes en cada circunstancia de mi vida desde que se enteraron de mi nacimiento.

A mi hermana mayor a mi “ñaña” Andrea Gaibor, gracias por enseñarme que nadie es perfecto en el mundo, y si nos caemos debemos levantarnos, por haberme convertido en el hermano de la “Doctorita” eres la mejor hermana mayor del mundo te amo ñaña.

A a mi gata Carlota que me enseñó el significado del cariño y amor que se puede transmitir sin decir nada y haberme acompañado sin importar nada cada noche Te amo Carlota.

A mi compañero de trabajo Joel Cumbajin por su compromiso y entrega para poder llevar a cabo este trabajo y cumplir nuestra meta.

Finalmente, a mi ingeniera Gabriela Chávez y la empresa Proteon por su entrega, voluntad y compromiso para que pueda llevar a cabo mi tema y aplicar mis conocimientos, aprender de cada uno de sus conocimientos como profesionales y mostrarme el campo de la investigación como una oportunidad para aplicar mis conocimientos y ayuda profesional a las personas.

(José Carlos Gaibor Mejía)

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	III
CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA	IV
APROBACIÓN DEL TUTOR	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN	XII
2. MARCO TEÓRICO.....	XIII
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	XXI
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	XXVI
7. CONCLUSIONES.....	LXI
8. RECOMENDACIONES.....	LX
9. REFERENCIAS	LXI

AUTOMATIZACIÓN DE GRANJA DE MANUFACTURA ADITIVA DE REPLICACIÓN DE REPUESTOS AUTOMOTRICES CON POLICARBONATO

Ing. Gabriela Chávez.MSc,¹, Josè Carlos Gaibor Mejía,², Adonis Joel Cumbajin Gualoto³
MSc. Gabriela Chavez The University of Manchester Advanced manufacturing technology and systems
management gachavezta@uide.edu.ec Manchester - Londres

² Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, jogaiborme@uide.edu.ec Quito – Ecuador

³ Ingeniería Automotriz Universidad Internacional del Ecuador, adcumbajingu@uide.edu.ec Quito – Ecuador

RESUMEN

Introducción: Este trabajo implementa y evalúa un sistema automatizado de manufactura aditiva con policarbonato en Proteon, enfocándose en la producción de una rejilla de ventilación para el Aveo Family 2009. Mediante la integración de software y tecnología Ethernet, se logra supervisar parámetros en tiempo real y reducir la intervención humana, mejorando la eficiencia y acortando los tiempos de fabricación. Se compara el costo y tiempo de producción entre el proceso manual y el automatizado, y se analiza su viabilidad técnica y económica frente a los precios y tiempos de adquisición de repuestos importados en Quito, para determinar si la manufactura aditiva es una alternativa rentable para la replicación local de repuestos automotrices. **Metodología:** Se utilizó una metodología bibliográfica-experimental en Proteon, Quito, con impresoras MK3S para replicar repuestos automotrices. **Resultados:** Se implementó una granja de manufactura aditiva con Raspberry Pi 4 y Prusa Link, logrando control remoto y supervisión en tiempo real, mejorando la eficiencia y evaluando la viabilidad económica del sistema. **Conclusión:** La automatización de la manufactura aditiva en Proteon redujo el tiempo de fabricación de 13 a 12.5 horas y el costo en un 16.9%, de \$26.86 a \$22.32. Sin embargo, el costo sigue siendo un 37% mayor que el precio promedio de mercado (\$14.50-\$16.20) para repuestos importados. Dado que en Quito el 23.66% de vehículos matriculados son de 2009 o anteriores, el mercado es significativo, pero la implementación del sistema automatizado no es económicamente viable para producción en serie debido a los costos superiores a los importados.

Palabras clave: Manufactura aditiva, MK3S, Raspberry Pi 4, Prusa Connect, IP.

ABSTRACT

Introduction: This work implements and evaluates an automated additive manufacturing system with polycarbonate at Proteon, focusing on the production of a ventilation grille for the Aveo Family 2009. By integrating software and Ethernet technology, it is possible to monitor parameters in real time and reduce human intervention, improving efficiency and shortening manufacturing times. The cost and production time between the manual and automated processes are compared, and their technical and economic feasibility is analyzed against the prices and acquisition times of imported spare parts in Quito, to determine if additive manufacturing is a profitable alternative for the local replication of automotive spare parts. **Methodology:** A bibliographic-experimental methodology was used at Proteon, Quito, with MK3S printers to replicate automotive spare parts. **Results:** An additive manufacturing farm was implemented with Raspberry Pi 4 and Prusa Link, achieving remote control and real-time monitoring, improving efficiency and evaluating the economic feasibility of the system. **Conclusion:** Additive manufacturing automation at Proteon reduced manufacturing time from 13 to 12.5 hours and reduced cost by 16.9%, from \$26.86 to \$22.32. However, the cost is still 37% higher than the average market price (\$14.50-\$16.20) for imported spare parts. Given that 23.66% of registered vehicles in Quito are from 2009 or earlier, the market is significant, but implementing the automated system is not economically viable for mass production due to higher costs than imported parts.

Keywords: Additive manufacturing, MK3S, Raspberry Pi 4, Prusa Connect, IP.

1. INTRODUCCIÓN

En la provincia de Pichincha, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2024), se registraron 683.483 vehículos, de los cuales 233.155 eran automóviles. De estos, el 23.66% corresponde a vehículos del año 2009 en adelante, lo que evidencia su persistencia en circulación. Para los propietarios de estos vehículos, el principal desafío radica en la disponibilidad de piezas de repuesto, lo que incrementa su recurrencia a hacer réplicas artesanales de tales piezas, así como el costo y la duración para obtenerlas.

La manufactura aditiva como apoyo en la fabricación de piezas automotrices es un caso atractivo y muy útil, porque permite la creación rápida y efectiva de componentes automotrices. Su implementación permite la copia, modificación y mejora de diseños, y en el caso de componentes motores, se pueden obtener piezas originales mediante reproducción automatizada. No obstante, en la medida que se ha comprendido la importancia de su uso, también han aparecido nuevos problemas, el más crítico es el manejo de un número creciente de impresoras. Sin la implementación de un sistema centralizado de monitoreo, las operaciones resultaron fragmentadas, con un control limitado, prolongados tiempos de inactividad, y un control limitado, lo que complicó alcanzar los plazos y los estándares de calidad requeridos para las piezas automotrices.

Replicar una ventilación de rejilla de un Chevrolet Aveo Family 2009 nos permitirá comprobar los precios de venta al público calculados con la mano de obra, al sistema automatizado 3D y en conjunto con un análisis de competencia que incluye las principales casas importadoras y comercializadoras de repuestos y accesorios automotrices de la ciudad de Quito, de modo que podamos determinar la viabilidad de la implementación del sistema de automatización para la replicación de repuestos automotrices.

Describimos la configuración de una granja de impresión 3D rentable y eficiente. La iniciativa hace uso de una computadora Raspberry Pi 4 junto con el software Prusa Link y Prusa Connect, que describe la configuración del sistema diseñado para controlar varias impresoras 3D de manera remota y simultánea, optimizado para la eficiencia. Además, se estudiará las ventajas y desventajas que esta incorporación puede ofrecer al momento de replicar piezas automotrices en Quito, con énfasis en tiempo, costos y precios. La implementación de este sistema no solo busca ofrecer una solución técnica, sino también

un modelo adaptable para diferentes sectores que han enfrentado desafíos similares en la fabricación personalizada.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Impresión 3d

Dentro del proceso de impresión de piezas y repuestos automotrices en la granja de manufactura aditiva, se consideran varios puntos clave. En este contexto, se analizarán los siguientes aspectos para facilitar una mejor comprensión del procedimiento:

2.2. Manufactura aditiva y su impacto en la industria automotriz

La manufactura aditiva o impresión 3D, ha promovido el surgimiento de nuevas posibilidades en diferentes sectores de la industria gracias a su potencial de fabricar piezas (Gibson, y Stucker, 2015). Es posible decir que la revolución que ha significado la fabricación aditiva en varios sectores industriales es porque permite la producción de piezas a medida. En la automotriz es crucial, porque hay un flujo continuo de proyectos e ideas que necesitan mucha precisión y eficiencia. Esto también se conoce como impresión tridimensional.

La posibilidad de diseñar partes más sofisticadas con el uso de menos material, en comparación con las técnicas de manufactura tradicionales, supone un avance económico y ecológico frente a estas (Park et al., 2021). Esto nos da la posibilidad de construir partes muy elaboradas de automóviles utilizando la tecnología en cuestión y al mismo tiempo se verá reflejado al contabilizar el material total empleado en todas las piezas.

En el sector automotriz, se utiliza la manufactura aditiva para crear elementos como prototipos funcionales, piezas difíciles de conseguir, e incluso, componentes exclusivos. Esto es muy común en vehículos clásicos o antiguos, los cuales ya no tienen un servicio post-venta que ofrezca reemplazos, mejoras o accesorios sin alterar su funcionalidad.

La impresión 3D se ha vuelto cada vez más relevante en Quito como un medio para abordar la necesidad de producir piezas de automóviles (Ford y Despeisse, 2016). En relación con los autos viejos que circulan por Quito debido a su falta de piezas modernas, la implementación de granjas de manufactura aditiva para la producción de piezas de repuesto y componentes para vehículos motorizados de polímeros se ha convertido en una estrategia efectiva para la producción de piezas de repuesto, modificaciones o incluso adiciones. Esta tecnología proporciona no solo medios de automatización de la producción

de piezas al eliminar pasos adicionales como el aumento de velocidad del mecanizado, sino que también mejora la productividad mediante la optimización de tiempos de varios flujos de trabajo. La automatización de la supervisión de tareas de diseño requiere presencia física como verificador y un monitoreo constante del sistema en funcionamiento; durante la automatización, un diseñador solo necesita iniciar sesión en Prusa Link, Prusa Connect, y puede verificar cada paso y fallos durante los procesos, así como el progreso paso a paso.

2.3. Automatización de procesos en la manufactura aditiva

La integración de sistemas de automatización en la manufactura aditiva ha permitido superar desafíos relacionados con la gestión de múltiples impresoras y la supervisión en tiempo real (Upton & Halfacree, 2021).

La introducción del sistema de automatización de granja de manufactura aditiva de fabricación con polímeros de piezas y repuestos automotrices contribuye en la resolución de problemas relativos al manejo de varias impresoras y al seguimiento en tiempo real, donde el uso de tecnologías como Raspberry Pi 4 y plataformas como Prusa Link y Prusa Connect, contribuye en el ahorro de tiempo muerto lo cual se genera al momento que el operario emplea parte de su tiempo en verificar que la impresión se esté ejecutando correctamente, mientras que la incorporación del sistema automatizado, el operario tiene el control y supervisión remoto de las impresoras Prusa Connect simultáneamente

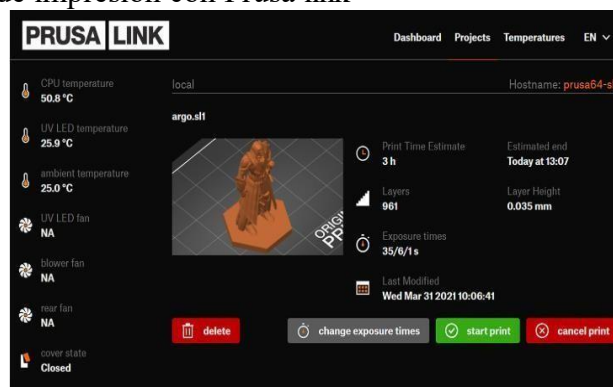
Un ejemplo de ello es un estudio realizado por docentes de la Escuela de Ingeniería Automotriz, donde se evidenció que la implementación de sistemas centralizados para la gestión de dieciséis impresoras 3D permitió optimizar en un 30 % los tiempos de fabricación de piezas automotrices personalizadas (Gómez & Martínez, 2021). En la empresa Proteon tenemos que está conformado por dos personas las cuales una persona se enfoca en el diseño, ejecución y supervisión de las impresiones, mientras que la segunda persona se encarga de la remoción del material y acabado superficial. Se puede evidenciar que el flujo de trabajo es constante y la persona uno tiene un tiempo muerto monitoreando presencialmente las piezas automotrices, este tiempo muerto puede ser empleado para seguir en la ejecución de otros diseños, con Prusa link y Prusa Connect únicamente es necesario el ingreso de la IP, usuario y contraseña para poder verificar los parámetros en tiempo real de la impresión si existen daños, imperfecciones o averías.

2.4. Soluciones tecnológicas para la gestión de granjas de impresión 3D

El uso de una Raspberry Pi 4 junto a Prusa Link y Prusa Connect, permite elaborar soluciones completas para la administración de las granjas de impresión 3D. (Research, 2023)

El uso de hardware como la Raspberry Pi 4 de costo accesible junto a Prusa Link y Prusa Connect, sirven para el control y una administración óptima en tiempo real de los sistemas de manufactura aditiva de piezas de polímeros para automóviles, haciendo disminuir considerablemente la necesidad de intervención del operador.

Figura 1.
Monitoreo de impresión con Prusa link



Fuente: (Prusa Research, 2023).

A nivel mundial, los países consideran que estas tecnologías son muy importantes para democratizar el acceso a la fabricación y a las tecnologías basadas en la adición, particularmente en áreas donde las soluciones de manufactura tradicionales tienden a ser ineficientes o costosas (Campbell et al, 2011).

De lo anterior, podemos afirmar que en la ciudad de Quito muchas veces los talleres de taekwondo y de autos de lujo, etc., exhiben modelos hechos a mano finamente elaborados utilizando métodos ineficientes, excesivamente costosos o simplemente primitivos debido a la falta de conocimiento especializado y/o tiempo. Con la incorporación de la automatización agrícola en la fabricación aditiva de piezas de polímero y componentes automotrices en Proteon, hay una concienciación pública sobre la impresión 3D. Así, la comunidad ahora puede centrarse más en los acabados y la presentación como empresa al ofrecer, modificar, reemplazar o accessorizar piezas y servicios automotrices.

2.5. Caso de estudio en la ciudad de Quito – Ecuador

Ellos señalan que la implementación de tecnologías de fabricación aditiva reduce los costos asociados con la importación de piezas y ofrece soluciones más personalizadas en plazos más cortos (García y Velasco, 2021). Dentro de este contexto, este estudio adoptará un enfoque bibliográfico-experimental para diseñar un sistema de monitoreo centralizado utilizando Raspberry Pi 4 y software Prusa, que será probado por su efectividad en Proteon en Quito. El objetivo de este sistema va más allá de mejorar los procesos internos; al abordar el problema común de desarrollar piezas automotrices personalizadas, busca establecer un precedente para otras empresas (García y Velasco 2021).

2.6. Vehículos matriculados en el Distrito Metropolitano de Quito

En el Distrito metropolitano de Quito se matricularon 602,599 vehículos en el año 2023, de los cuales el 1,69% corresponden a vehículos del estado, 6,56% destinados alquileres, 91,59% de uso particular, 0,15% otro uso.

Tabla 1.

Autos matriculados en el DMQ

	USO			
	ESTADO	ALQUILER	PARTICULAR	OTROS
Distrito Metropolitano De Quito	10.216	39.531	551.942	910
				TOTAL
				602.599

Fuente: Elaborado por autores a partir de datos del INEC 2023

2.7. Vehículos matriculados en la provincia de Pichincha por año.

Durante el año 2023 se matricularon un total de 683.483 de vehículos, los cuales el 23,66% de vehículos corresponden a los años 2009 y anteriores.

Tabla 2.

Autos matriculados en Pichincha en el año 2023

AÑO	MATRICULADOS
2009	161.753
ANTERIORES	
2010	21.591
2011	31.894
2012	32.607
2013	35.235
2014	30.832
2015	33.260
2016	17.911
2017	20.694

2018	36.441
2019	50.809
2020	38.692
2021	26.519
2022	46.200
2023	62.790
2024	36.255
TOTAL	683.483

Fuente: Elaborado por autores a partir de datos del INEC 2023

2.8. Ventas totales de vehículos por año desde 2003 hasta 2009 en la provincia de Pichincha

Según la (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2009), entre los años 2003 y 2009 se vendieron un total de 253,169 vehículos en la provincia de Pichincha, de los cuales en el año 2003 el 50.74% eran vehículos tipo automóvil, el porcentaje para el año 2004 fue del 52.26%, para 2005 fue del 52.26%, luego en 2006 bajó al 47.25%, en 2007 descendió aún más al 41.57%, durante 2008 bajó al 39.03% y finalmente en 2009 vimos un 36.87%.

Figura 2.

Venta de vehículos durante los años 2003 y 2009.

Segmento	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Automóviles	14.113	13.072	18.543	17.622	16.342	18.326	14.530
Camionetas	5.814	5.872	7.172	7.735	8.303	11.415	8.958
Todo Terreno	4.384	5.150	6.380	8.094	10.004	10.726	11.373
Vans	1.606	1.050	843	619	926	1.160	879
Camiones y Buses	1.897	1.619	2.538	3.395	3.735	5.320	3.663
TOTAL	27.814	26.763	35.476	37.465	39.310	46.947	39.403

Fuente: Anuario Estadístico del Sector Automotor 2009.

2.9. Modelo de autos del año 2003 al 2009 más vendidos

Según la (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2009), el modelo de vehículo más vendido entre los años 2003 y 2009 es de tipo automóvil, marca Chevrolet modelo Aveo Activo con un total de 9.915 representando el 15.58%, en segundo lugar con un 12,40% la camioneta Chevrolet modelo Luv-Dmax.

Figura 3.

Modelos de autos vendidos durante los años 2003 y 2009.

Automóviles		
Marca	Modelo	TOTAL
CHEVROLET	Aveo Activo	9.915
CHEVROLET	Aveo Emotion	3.013
CHEVROLET	Spark Activo	2.726
NISSAN	Sentra	2.007
HYUNDAI	Accent	1.917

Camionetas		
Marca	Modelo	TOTAL
CHEVROLET	Luv D-Max	7.893
MAZDA	BT-50	7.209
TOYOTA	Hilux	3.575
NISSAN	NP300 Frontier	563
FORD	F - 150	483

Todo Terreno		
Marca	Modelo	TOTAL
CHEVROLET	Grand Vitara SZ	7.213
HYUNDAI	Tucson	6.044
CHEVROLET	Grand Vitara	3.870
KIA	Sportage	1.376
CHEVROLET	Vitara 1.6L	1.104

Vans		
Marca	Modelo	TOTAL
KIA	Pregio Grand	636
HYUNDAI	H1	476
SAIC WULING	Supervan	152
TOYOTA	Hiace	150
NISSAN	Urvan	83

Camiones		
Marca	Modelo	TOTAL
HINO	Dutro	837
CHEVROLET	NHR 55	508
HINO	FC4JJUA	486
HYUNDAI	HD	342
KENWORTH	T800	234

Buses		
Marca	Modelo	TOTAL
HINO	FGLPUZ	469
VOLKSWAGEN	Chasis VW	172
MERCEDES BENZ	OF 1721/52/59	64
CHEVROLET	NPR 71P	52
HYUNDAI	County	43

Fuente: Anuario Estadístico del Sector Automotor 2009.

3. Modelo de autos con más ventas.

Según la (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2024), debido a su masiva comercialización desde mediados de los años 2000 hasta la actualidad, el Aveo Activo presenta una demanda sostenida de repuestos plásticos internos, tanto por el desgaste natural de componentes como por la necesidad de reemplazo y personalización. Su uso extendido en servicios de taxi, flotas institucionales y transporte particular ha acelerado el deterioro de piezas plásticas expuestas a fricción, rayos UV y contacto constante con el usuario.

Tabla 3.

Vehículos más comercializados en Ecuador.

N.º	Modelo de vehículo	Marca	Total, de vehículos comercializados
1	Chevrolet Aveo Activo	Chevrolet	50,000 - 60,000
2	Chevrolet D-Max	Chevrolet	25,000 - 30,000
3	Chevrolet Sail	Chevrolet	20,000 - 25,000
4	Kia Solutio	Kia	10,000 - 15,000
5	Kia Picanto	Kia	15,000 - 20,000

6	Chevrolet Spark	Chevrolet	10,000 - 15,000
	GT		
7	Renault Duster	Renault	15,000 - 20,000
8	Hyundai Tucson	Hyundai	10,000 - 15,000
9	Toyota Hilux	Toyota	20,000 - 25,000
10	Nissan Versa	Nissan	10,000 - 15,000

Fuente: Elaborado por autores a partir de datos de la AEADE 2024.

4. Repuestos plásticos más vendidos del auto Chevrolet Aveo.

Tabla 4.

Repuestos plásticos internos más vendidos.

REPUESTO	APLICACIÓN	FOTO REFERENCIAL
Rejillas de ventilación interna	Piezas de base plástica que permite la salida y direcciona el aire	
Paneles de control y carcasas de botones como radio, climatización luces	Mascarillas y paneles donde se colocan los controles internos del vehículo como audio y climatización	
Perillas y botones selectores de a/c, luces, ventas eléctricas	Selectores plásticos	
Paneles interiores de puertas	Molduras plásticas que cubren la carrocería interna del vehículo	
Consolas centrales y portavasos	Partes plásticas que se colocan en asientos, portavasos y espacios como almacenamiento	
Cubiertas y molduras decorativas del tablero	Embellecedores y protectores plásticos	

Fuente: Elaborado por autores a partir de datos de la AEADE 2024.

4.1. Empresas del sector automotriz

Según la (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2024), las empresas dedicadas a la comercialización de repuestos y accesorios en la provincia de Pichincha se ven reflejadas a continuación.

4.2. Comercializadoras principales de accesorios y repuestos automotrices en la ciudad de Quito.

Las empresas dedicadas a la comercialización de repuestos y accesorios más importantes según la (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, 2024), en la provincia de Pichincha se ven reflejadas a continuación.

Tabla 5.
Empresas principales dedicadas a la comercialización de repuestos y accesorios para autos.

N.-	EMPRESA
1	AKAISA S.A
2	AUTOPARTES ANDINAS S.A.E.M.A. AUTODINSA
3	MUNDO MOTRIZ
4	INFAMOTOR S.A.
5	IMPORTADORA DÀVILA
6	TECNOVA S.A
7	SERVIFRENO CIA. LTDA.
8	SEGUNDO ELOY CORRALES E HIJOS CIA. LTDA. SECOHI
9	PROVEEDORA AUTOMOTRIZ S.A.C.I.
10	PRODUCTOS METALURGICOS S.A. PROMES
11	MANSUERA S.A.
12	IMPORTADORA ECUATORIANA DIESEL C.A (IMPEDI)
13	IMPORTADORA ALVARADO VASCONEZ CIA. LTDA

14	HIVIMAR CIA. LTDA
15	FRENOSEGURO CIA. LTDA.
16	COMERCIO AUTO PARTE CODEPARTES S.A
17	AVIAUTO REPRESENTACIONES INTERNACIONALES S.A.
18	3M ECUADOR C.A

Fuente: Elaborado por autores a partir de datos del INEC 2024.

4.3. Principales comercializadoras de repuestos y accesorios marca Chevrolet en el DMQ.

Las empresas dedicadas a la importación y comercialización de repuestos y accesorios para la marca Chevrolet en el DMQ, e ingresos anuales son el reflejo de competitividad para comercializar accesorios o repuestos.

Tabla 6.

Empresas principales dedicadas a la comercialización de repuestos y accesorios para autos.

EMPRESA	INGRESOS
Autolandia S. A	\$ 13.737,772
Proauto C. A	\$ 190.404,269
Vallejo Araujo S. A	\$ 23.628,972
Automotores Continental S. A	\$ 173.148,881
Codepartes S. A	\$ 6.827,972
Plan Automotor Ecuatoriano S. A	\$ 17.348,576
Recordmotor S. A	\$ 7.564,544
Autotec S. A	\$ 41.329,443
Teojama Comercial S. A	\$ 86.612,275
Servifreno Cia.Ltda	\$ 20.872,843
Proveedora Automotriz S.A.	\$ 2.401,705
Columbec del Ecuador S. A	\$ 3.033,130
Garner Espinosa C. A	\$ 3.560,880
Autopartes Andinas S.A.E.M.A (Autodinsa)	\$ 2.230,680
Mansuera	\$ 28.537,502
Autoexpress	\$ 4.766,337

Fuente: Elaborado por autores a partir de datos de la revista EKOS 2024.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Método

El enfoque que ha tomado es de carácter experimental. En este caso, se realizará una medición preliminar para determinar el tiempo de impresión sin el uso del sistema automatizado. Gracias a este procedimiento, es posible comparar los resultados sin

automatización con los obtenidos a través del método automatizado, así como evaluar sus discrepancias y los cambios introducidos.

5.2. Materiales

Tabla 7.

Materiales y herramientas para la elaboración.

CANTIDAD	MATERIAL	PRECIO
2	Raspberry pi 4	\$ 80
1	PC	\$ 1200
2	Cable Lan	\$ 8
6	Impresora mk3s	\$ 9000
1	Conectividad a internet	\$ 25
2	Cables USB	\$ 5
2	Tarjetas SD 32gb	\$ 23
1	Repuestos de Auto	\$ 14
1	Cámara de video	\$ 7,5
	TOTAL	10.362,5

Fuente: Elaborado por autores.

Figura 4.

Raspberry Pi 4



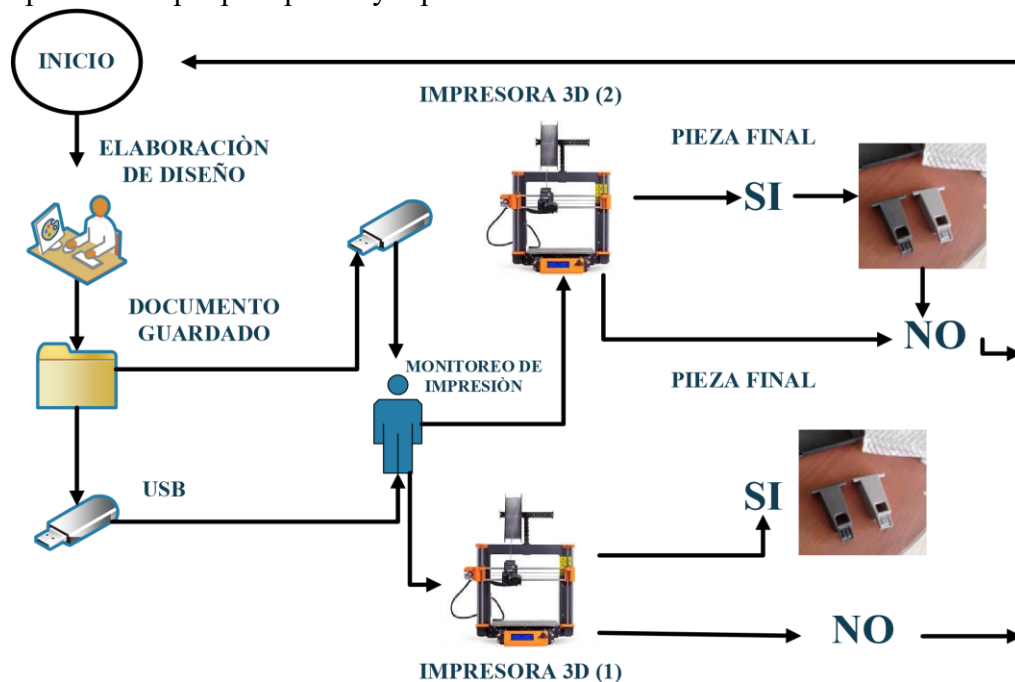
Fuente: Autores

Para asegurar la viabilidad de la automatización en la granja de impresión, se deben considerar dos aspectos al justificar la implementación de un sistema automatizado para la impresión de partes automotrices: cuál es la racionalización de costos y cuál es el valor de retorno de la funcionalidad en términos de eficiencia para la granja. Los efectos relacionados con la reducción de costos o el ahorro de tiempo deben traducirse

directamente en una mejora del proceso de fuerza productiva, eficiencia o estrategia. Se afirma que la capacidad de un diseñador para imprimir un diseño mientras lo monitorea a través de Prusa Link mejora los procesos de diseño y, por ende, la eficiencia; sin embargo, la principal mejora es el aumento en la efectividad del sistema.

Figura 5.

Proceso de Impresión simple para piezas y repuestos automotrices



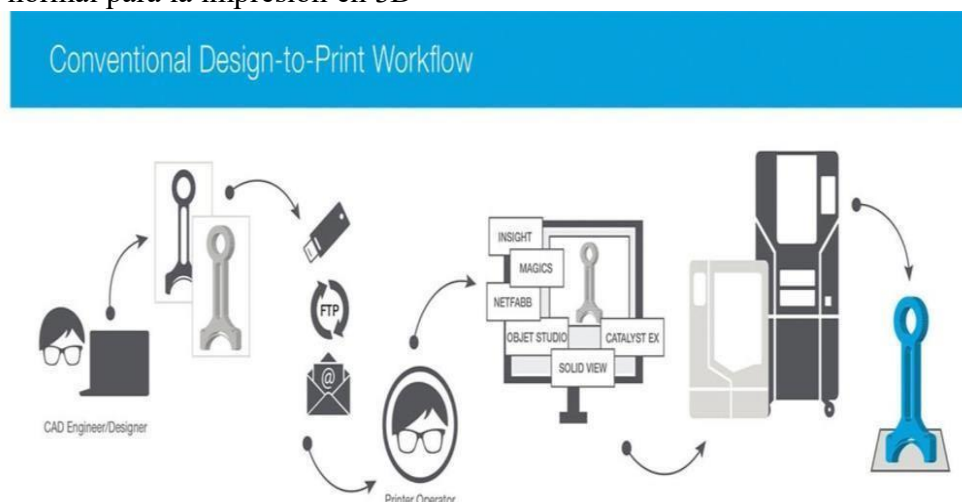
Fuente: Autores

En el flujo de trabajo de impresión automatizado para componentes automotrices, todavía se requiere cierto nivel de participación humana para la supervisión del proceso, incluso cuando faltan datos de ingeniería de precisión, lo que permite al evaluador calcular con precisión las diversas métricas del proceso de impresión. Consideremos el caso en que se imprime un cubo simple; tarda aproximadamente 30 minutos durante los cuales solo se imprimirá una pieza. Con la creación de una granja de manufactura aditiva, el tiempo sigue siendo de 30 minutos, pero ahora con la capacidad de imprimir dos cubos al mismo tiempo.

Por otro lado, después de ingresar el archivo para la impresión en 3D, un diseñador o un operador necesita confirmar la operación para que la impresión comience. Continuando con el ejemplo del cubo, el operador necesita pasar 30 minutos supervisando una impresión. Con las dos impresoras, el total sigue siendo de 30 minutos, pero ahora la diferencia es que el diseñador o el operador tiene que atender ambas impresoras, lo cual es contraproducente en términos de tiempo disponible para, de hecho, producir otras piezas.

La primera fase de un proceso de impresión 3D abarca la creación del diseño digital que se imprimirá. Como segundo paso, el archivo se graba en una memoria USB para su posterior impresión. En este momento, el principio de 3D funciona de igual manera que una impresora de impresión convencional. Simplemente se envía el archivo a la impresora 3D y ella realiza el proceso automatizado en el tiempo necesario, culminando con la impresión por adición.

Figura 6.
Proceso normal para la impresión en 3D



Fuente: Stratasys lanza su software de impresión 3D y una nueva aplicación que abarca todo el proceso de diseño. (s. f.). Inter empresas.

Las impresoras 3D Prusa MK3S se emplean en la elaboración de piezas automotrices debido a su alta fiabilidad y precisión. Estas impresoras están equipadas con un sistema de calibración automática, lo que permite obtener una mayor precisión en las piezas producidas. Además, su capacidad para trabajar con diversos materiales, como los polímeros automotrices, las hace ideales para la fabricación de repuestos para vehículos.

En la fase experimental, se configura cada impresora, conectándola a la red Ethernet mediante un cable LAN, lo que permite la comunicación con la Raspberry Pi 4 y Prusa link.

La Original Prusa i3 MK3S, no decepciona (All3dp.com, n.d.). Se realizaron pruebas usando una configuración predeterminada y se obtuvo que es predeterminada y súper capaz.

La calidad de impresión es sumamente llamativa, siendo confiable, sencilla y de fácil uso.

Figura 7.

Impresoras Prusa Modelo MK3S

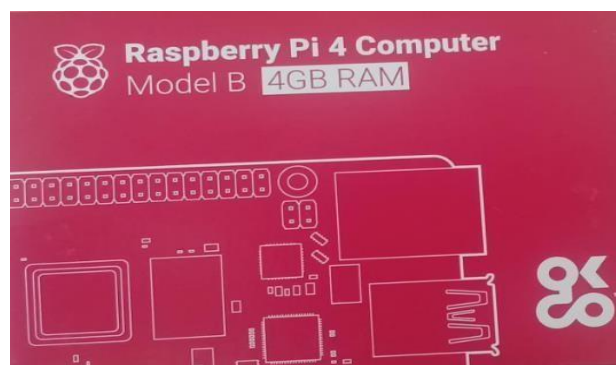


Fuente: Autores

La Raspberry Pi 4 es una computadora de bajo costo que ha revolucionado el control y la gestión de impresoras 3D, siendo una solución ideal para entusiastas, makers y profesionales en talleres de fabricación digital. Esta pequeña placa, equipada con un procesador de cuatro núcleos, hasta 8 Gb de RAM, e incluso USB 3.0, conectividad Ethernet gigabit y Wi-Fi de doble banda, ofrece un rendimiento impresionante en un formato compacto. De esta forma será muy eficaz en entornos donde se necesite monitorear varias impresoras al momento de imprimir. (All3dp.com, n.d.).

La configuración inicial de la Raspberry Pi 4 implica instalar un sistema operativo adecuado, como Raspberry Pi Imager, junto con software especializado, como Prusa link, que es una plataforma ampliamente utilizada y que brinda una interfaz sencilla de usar para enviar archivos de impresión, ajustar configuraciones, supervisar el progreso de las impresiones y realizar diagnósticos. Además, admite complementos que amplían sus capacidades, como cámaras para monitorear impresiones en tiempo real y herramientas avanzadas para detectar fallos o mejorar la calidad de las piezas impresas.

Figura 8.
Raspberry pi 4



Fuente: Autores

Se realizará la descarga y configuración del software (Raspberry Pi Imager), el cual será esencial para realizar la configuración tanto del usuario como de la contraseña. Se debe tener en cuenta que, al momento de la descarga, este se realice directamente desde la página de Prusa Connect, dado que será el elemento más compatible, ya que pertenece a la misma compañía.

En el mismo programa, se debe configurar el usuario y la contraseña, verificar si se necesita una red LAN inalámbrica o por cable; en este caso, será por cable, ya que la conectividad será más eficiente. Por último, se configura la biblioteca de Prusa Link y finalmente se guarda en la tarjeta SD.

La conexión mediante cable LAN es fundamental en el proceso, dado que es nuestro puente de conexión de Ethernet (modem) y Raspberry Pi 4. De esta forma, podremos tener un control remoto más eficaz, ya que no se interrumpe la conexión por factores como paredes o el exceso de usuarios conectados. De tal forma, nos ayuda a que la conexión con las diferentes impresoras 3D no sea interrumpida en su funcionamiento.

La verificación de nuestras IP tanto del router, Raspberry Pi 4 y las impresoras es fundamental, ya que es el medio de comunicación que tendremos con un computador o incluso un celular para poder monitorear los parámetros de impresión que se están realizando. Debemos asegurarnos de que la verificación de la IP de nuestra Raspberry Pi 4 sea realice correctamente, ya que es nuestra llave de acceso para el siguiente paso, junto con la IP de las impresoras.

Se presenta Prusa Link y Prusa Connect, dos softwares totalmente semejantes al momento de realizar las operaciones, con la diferencia que, al momento de monitorear los trabajos, no podremos ver ciertos parámetros o incluso serán limitados mutuamente.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Comparación de parámetros

Se toma en cuenta los parámetros del proceso de impresión tradicional y automatizada empleando Prusa Link de tal forma que se refleja la mejoras.

Tabla 9.

Comparación de parámetros

PRUSA LINK	RESULTADOS	MÉTODO TRADICIONAL
------------	------------	--------------------

Los archivos G-code se transferían mediante una tarjeta SD. Este proceso incluía copiar el archivo, trasladarlo físicamente a la impresora e iniciar manualmente la impresión.	Los archivos se cargan directamente desde un navegador web a través de la red local.	Mejora en el traslado de datos a la impresora.
Tiempo promedio: 20 minutos por archivo.	Tiempo promedio: 8 minutos por archivo	Reducción del 60% de tiempo.

Fuente: Autores

6.2. Supervisión del Progreso

La presente tabla 2 refleja el progreso de impresión tradicional y automatizada empleando Prusa Link, se evidencia que el diseñador encargado de la impresión debe deslazararse físicamente a la impresora para el estado de impresión en este caso la pieza automotriz, por otra parte, automatizando el proceso el diseñador únicamente debe ingresar la IP de la impresora correspondiente y podrá verificar el estado de impresión.

Tabla 10.

Comparación del progreso de impresión

MÈTODO TRADICIONAL	PRUSA LINK	RESULTADOS
El operario se desplaza físicamente a la impresora para verificar el estado de la impresión.	Monitoreo remoto en tiempo real desde cualquier dispositivo conectado.	Eliminación del desplazamiento físico por parte del diseñador.
Tiempo promedio por revisión: 25 minutos (considerando desplazamiento y observación directa).	Tiempo promedio por revisión: 10 minuto.	Reducción del 60% en tiempo de supervisión.

Fuente: Autores

Tabla 11.

Detección de Errores

MÈTODO TRADICIONAL	PRUSA LINK	RESULTADOS
Los errores, como falta de filamento u obstrucciones, se detectaban	de manera tardía al no	estar supervisados constantemente.

El software notifica de inmediato al usuario sobre problemas, permitiendo actuar rápidamente.

Resolución de errores de impresión de forma inmediata

Cable LAN

Configuración	Configuración	Configuración
• Equipo: PC con Windows 10. • Cable USB: Tipo B estándar (1.5 m). • Software: PrusaSlicer y Pronterface.	• Hardware: Raspberry Pi 4 (4 GB de RAM), microSD de 32 GB. • Software: Prusa Link instalado en la Raspberry Pi. • Conexión: Raspberry Pi conectada a la impresora vía USB y a la red mediante Wi-Fi.	• Conexión directa: Cable Ethernet entre la impresora y el router. • Software: PrusaLink habilitado en la impresora.
Resultados	Resultados	Resultados
• Velocidad de transferencia: • Tamaño de archivo G-code: 10 MB. • Tiempo de transferencia: 2 segundos.	• Velocidad de transferencia: • Tamaño de archivo G-code: 10 MB. • Tiempo de transferencia: 6 segundos (debido a la conversión y envío vía Prusa Link). • Estabilidad de conexión: • Conexión estable durante la impresión. • No se detectaron interrupciones al utilizar red Wi-Fi, 2.4 GHz con señal óptima. • Rendimiento en impresión: • Latencia: 0.2 segundos por comando. • Control remoto completo desde un navegador web. • Acceso a estadísticas y monitoreo en tiempo real.	• Velocidad de transferencia: • Tamaño de archivo G-code: 10 MB. • Tiempo de transferencia: 1 segundo (máxima velocidad alcanzada debido a la estabilidad del cable LAN). • Estabilidad de conexión: • Conexión altamente estable, sin interferencias ni caídas. • Ideal para entornos donde la red Wi-Fi puede ser inestable. • Rendimiento en impresión: • Latencia: 0.05 segundos por comando. • Permite control remoto y monitoreo en tiempo real desde cualquier dispositivo en la misma red.

Fuente: Autores
Figura 9.

Ingreso de IP para impresora 3D



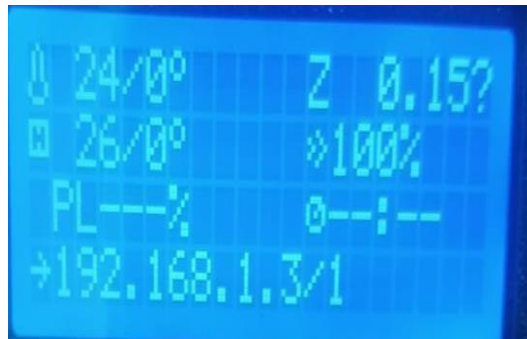
Fuente: Autores

6.3. Verificación de la IP del servidor y la IP de la impresora

- IP del Servidor (PC/Raspberry Pi): 192.168.1.3
- IP de la Impresora 1: 192.168.1.3/1
- IP de la Impresora 2: 192.168.1.3/2

Figura 10.

IP Impresora 1



Fuente: Autores

Figura 11.

IP impresora 2



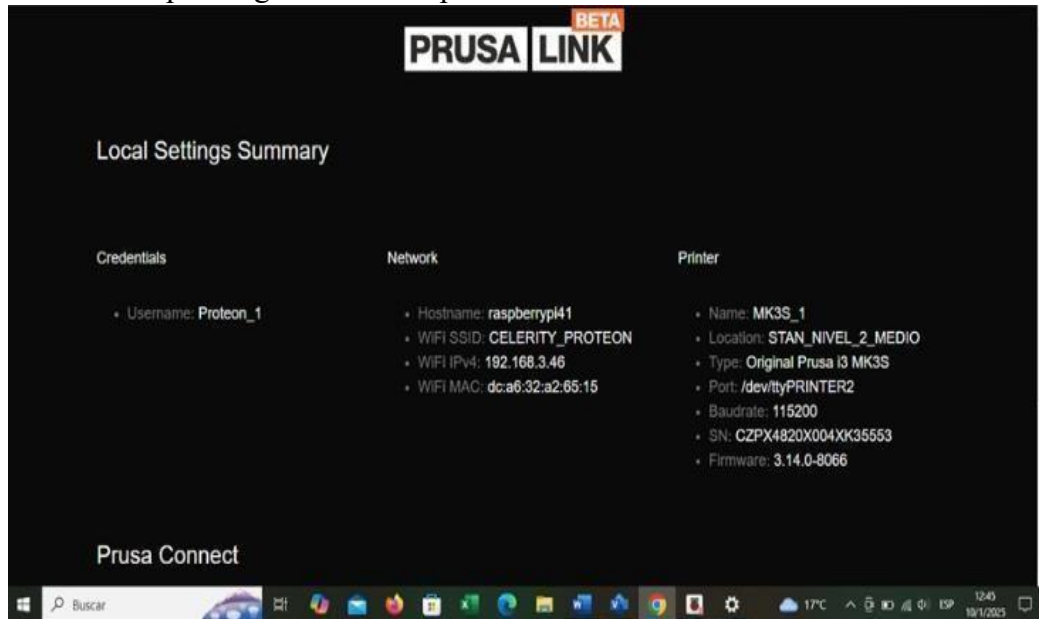
Fuente: Autores

6.4. Verificación de la IP a la pc y acceso automático a prusa link

- IP de la PC: 192.168.3.43 (confirmado mediante ip configuraciòn en Windows).
- Acceso a PrusaLink: Acceso exitoso utilizando la IP http://192.168.1.3 en el navegador, sin problemas de conectividad.
- 192.168.1.3/1
- 192.168.1.3/2

Figura 12.

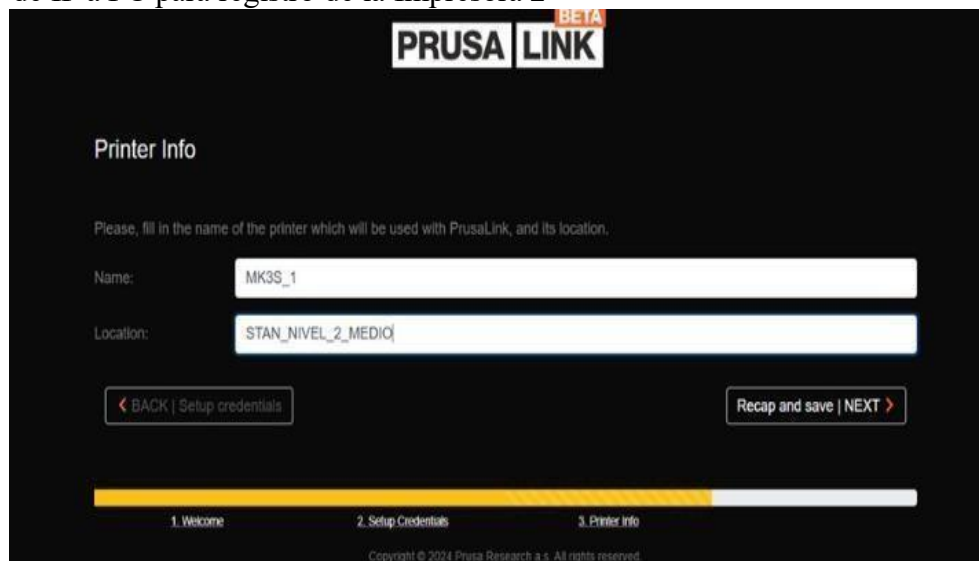
Ingreso de IP a PC para registro de la Impresora 1



Fuente: Autores

Figura 13.

Ingreso de IP a PC para registro de la Impresora 2



Fuente: Autores

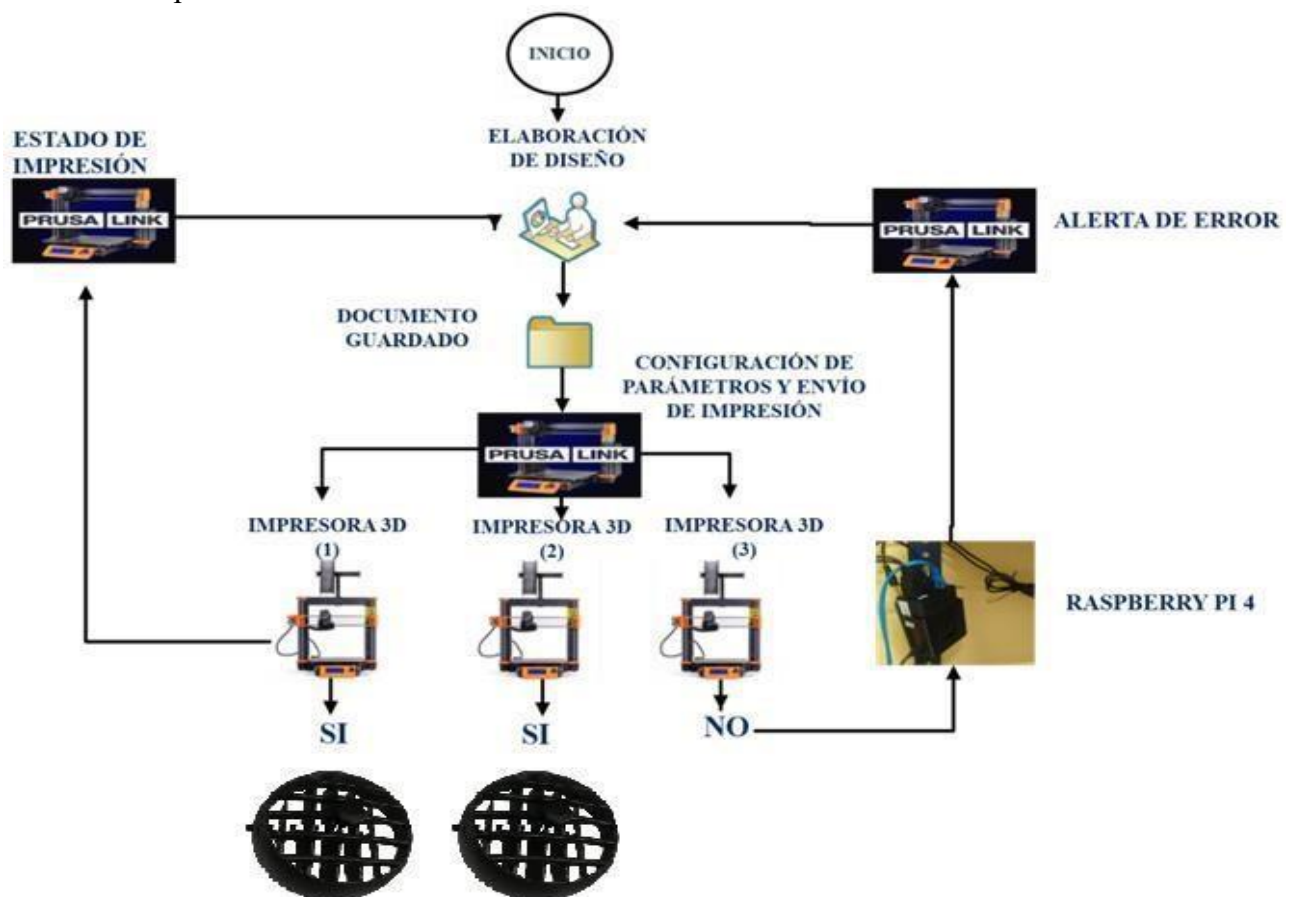
6.5. Explicación del proceso impresión automatizado

El modelo por imprimir comenzará con el diseño de la rejilla de ventilación del

auto Aveo. Luego se procederá a guardar el documento e ingresar a la plataforma Prusa Link. En este paso, se ingresará la IP correspondiente a la impresora. Para la impresora 1, será la IP: 192.168.1.3/1, para la impresora 2 será la IP: 192.168.1.3/2, y para la impresora 3 la IP: 192.168.1.3/3. Posteriormente, se verificará que los parámetros correspondientes para cada filamento estén correctos en este caso Policarbonato. En las tres impresoras debemos verificar que los ejes X, Y, Z se encuentren alineados en cero.

A continuación, configuraremos también la temperatura para el policarbonato 260°C - 280°C. Después, enviaremos el modelo a cada impresora, volvemos a Prusa Link y validamos que todas las configuraciones estén correctas para entonces iniciar la impresión. Puede presentarse un error en el momento de la impresión, lo cual genera una alerta en Prusa Link. Es relevante resaltar que la integración de todo el sistema se da por medio de la Raspberry Pi 4, la cual se encarga de realizar la generación de datos en tiempo real. Adicionalmente, el monitoreo del estado de la impresión se podrá visualizar a través de una webcam por Prusa Link.

Figura 14.
Proceso de impresión automatizado



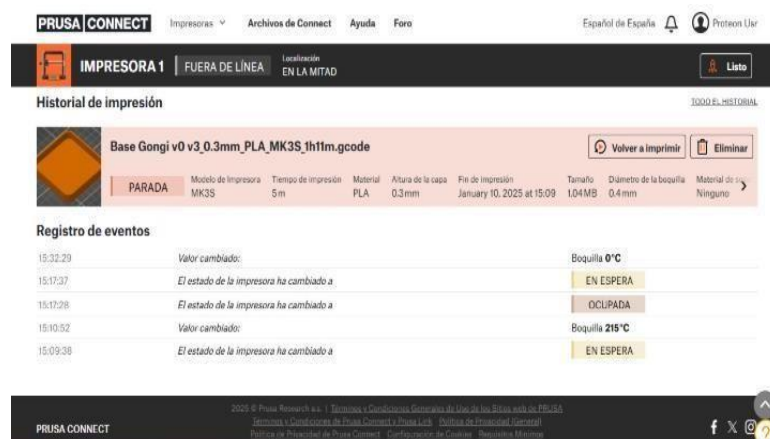
Fuente: Autores

6.6. Ingreso a Prusa Link y Prusa Connect

Al ingresar la IP de cada computadora, se lleva directamente al centro de monitoreo de Prusa Link. Allí se puede observar que se presenta varios parámetros técnicos necesarios para ejecutar la impresión o durante el proceso de impresión. Se consideró que Prusa Link y Prusa Connect son dos softwares que se complementan mutuamente. Se pudo mover el cabezal de impresión sin la intervención humana, y se eliminó la intervención humana al imprimir un prototipo automatizado. Todo se hizo mediante Prusa Connect, con la cual se pudo ajustar el tipo de filamento que se usará y los grados de temperatura de la cama caliente en la cual se pondrá el filamento de polímeros. De igual forma, todos los datos de las dos impresoras fueron monitoreadas mediante Prusa Connect durante la impresión.

Figura 15.

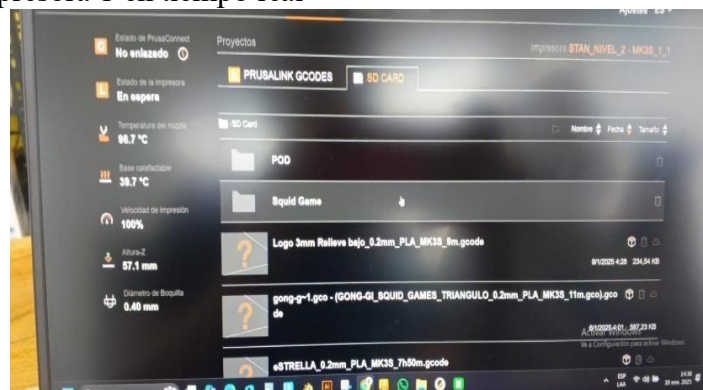
Monitoreo de la impresora 1 en tiempo real.



Fuente: Autores

Figura 16.

Monitoreo de la impresora 1 en tiempo real



Fuente: Autores

Tabla 15.

Tiempo del proceso de impresión de rejilla de ventilación proceso manual.

Nombre del proceso	Tiempo
Preparación de filamento de policarbonato y máquina	0:20:00
Supervisión Inicial	00:10:00
Mantenimiento y Cambio de Boquilla	0:30:00
Impresión 3d	9:00:00
Postprocesado	1:00:00
Total	11:00:00

Fuente: Autores

6.9. Costos de fabricación de una rejilla de ventilación Chevrolet Aveo con proceso manual.

En el desarrollo del presente proyecto, se llevó a cabo un análisis económico detallado del proceso de fabricación de una rejilla con dimensiones de 180 x 70 x 4 mm, utilizando tecnología de impresión 3D y filamento de policarbonato como material principal. El objetivo fue determinar los costos directos asociados a cada etapa del proceso productivo y evaluar la viabilidad económica del método empleado.

Para establecer el costo total de producción de la pieza elaborada mediante impresión 3D con el proceso manual utilizando filamento de policarbonato, se tomó en cuenta una combinación de costos directos como material y electricidad y costos indirectos mano de obra técnica.

6.9.1. Costos directos

La rejilla de ventilación de aire y calefacción tiene un peso de 100 gramos. Considerando que el rollo de policarbonato de 1 kg su costo es de \$40, se determina un costo por gramo de \$0.04. Por tanto, el costo del material utilizado fue de \$4.00.

$$\text{Material} = 0.100\text{kg} \times 40\$ = \$ 4.00$$

La impresión tuvo una duración de 9 horas, con un consumo eléctrico estimado de \$0.14, calculado con base en la potencia 150W de la impresora y la tarifa eléctrica vigente en Ecuador de \$0.10 por kWh.

$$\text{Consumo Eléctrico} = 0.150\text{kW} \times 9\text{h} \times \$ 0.10 \text{ kWh} = \$ 0,14$$

A pesar de que el tiempo total de impresión fue de 9 horas, el operario no está presente durante todo este proceso. Se identifica las principales actividades manuales requeridas antes, durante y después de la impresión, como la preparación del modelo y de la máquina, la supervisión del inicio del proceso, y especialmente el postprocesado, que en el caso del policarbonato requiere mayor dedicación por su dureza y resistencia al acabado superficial.

Se estimó un tiempo total de intervención humana de aproximadamente 2 horas. La tarifa referencial utilizada para este tipo de servicio técnico especializado en impresión 3D en Ecuador fue de \$6 por hora, lo cual representa un costo de mano de obra de \$12.00.

$$\text{Mano de Obra} = \$6 \times 2\text{h} = \$ 12.00$$

Tabla 16.
Tiempo de mano de obra

Tarea	Tiempo aprox.
Preparar archivo y máquina	20 min
Supervisión inicial	10 min
Postprocesado (difícil con PC)	60 min
Mantenimiento / cambio boquilla	30 min
Total	2 horas

Fuente: Autores

6.9.2. Costo total de fabricación de una rejilla de ventilación Chevrolet Aveo con proceso manual.

Tabla 17.
Costos de cada proceso

Concepto	Costo
Costo del material	\$4.00
Costo de energía eléctrica	\$0.14
Costo de mano de obra	\$12.00
Total	\$ 16.14

Fuente: Autores

7. Determinación de precio de venta de una rejilla de ventilación Chevrolet Aveo con proceso manual

En la presente investigación se aplicó una estrategia de fijación de precios basada en márgenes de ganancia variables, según el tipo de cliente y el volumen de producción. Esta metodología considera los costos directos (material, energía eléctrica) e indirectos (mano de obra, mantenimiento, calibración y postprocesado), lo cual permite establecer precios sostenibles y acordes al mercado.

Se desarrolló una tabla referencial con márgenes de ganancia estimados entre el 15% y el 120%, dependiendo de si se trata de un cliente final, un pedido personalizado o una producción en serie. Esta estrategia se fundamenta en modelos tarifarios y prácticas comerciales observadas en talleres locales ecuatorianos, así como en plataformas internacionales especializadas como Hubs (antes 3D Hubs) y Treatstock, las cuales operan como intermediarios entre usuarios y proveedores de impresión 3D, y establecen márgenes promedio entre el 30% y el 150% según la complejidad y el volumen del pedido (Hubs, 2023; Treatstock, 2023).

Este enfoque garantiza que los precios cubran los costos reales de producción y generen una rentabilidad adecuada, sin dejar de ser competitivos en relación con el mercado local e internacional.

Tabla 18.
Precios de venta para cada público

Tipo de cliente / pedido	Nivel de personalización	Volumen	Margen de ganancia sugerido (%)	Precio de venta \$
Cliente final (pieza única)	Alta	Bajo	80% – 120%	29,05 / 35,5
Cliente ocasional (pedidos pequeños)	Media	Bajo-Med	60% – 80%	25,82 / 29,05
Empresa / industria	Baja	Alto	30% – 50%	20,98 / 24.21
Distribuidor o revendedor	Muy baja	Alto	20% – 40%	19.36 / 22.59
Producción en serie (>50 piezas)	Ninguna	Muy alto	15% – 30%	18.56 / 20,98

Fuente: Autores

8. Tiempo de fabricación de una rejilla de ventilación Chevrolet Aveo con proceso automatizado.

En esta fase del proyecto, se analizó el proceso de fabricación de una rejilla de ventilación para Chevrolet Aveo (180 x 70 x 4 mm) utilizando tecnología de impresión 3D con filamento de policarbonato, pero a diferencia del enfoque anterior, se implementó un sistema automatizado basado en una Raspberry Pi conectada a una única impresora 3D.

Este sistema permitió reducir significativamente la intervención humana durante el proceso, optimizando los tiempos de supervisión y mejorando la eficiencia operativa general. La automatización se centró en la gestión remota del proceso a través de software de control de impresión como Prussa Connect, que permitió la monitorización en tiempo real, el inicio y finalización programada de la impresión, así como la recolección automática de datos sobre el estado del equipo. Con esta mejora, el tiempo de intervención humana directa se redujo de 2 horas a aproximadamente 1:40:00, distribuidos entre la preparación del archivo y la máquina 5 minutos, una verificación inicial remota 5 minutos efectivos, postprocesado manual 60 minutos, y cambio de boquilla 30 minutos ya que este último sigue siendo necesario en materiales como el policarbonato por su rigidez y dificultad de acabado.

La duración total del proceso de impresión 3D se mantuvo en 10:40:00h, incluyendo las fases automatizadas de calentamiento, extrusión y enfriamiento del filamento, así como el movimiento del cabezal guiado por el archivo G-code cargado previamente. No obstante, al estar conectado a un sistema automatizado, el operario no tuvo que intervenir activamente durante el 98% del proceso, lo cual representa una mejora significativa frente al método manual descrito previamente.

Tabla 19.

Tiempo de fabricación con cada proceso

Nombre del proceso	Tiempo
Preparación de filamento de policarbonato y máquina	0:05:00
Supervisión Inicial	00:05:00
Mantenimiento y Cambio de Boquilla	0:30:00
Impresión 3d	9:00:00
Postprocesado	1:00:00
Total	10:40:00

Fuente: Autores

1. Costos de fabricación de una rejilla de ventilación Chevrolet Aveo con proceso automatizado.

En términos de costos, el material empleado fue el mismo: 100 gramos de filamento de policarbonato con un precio por gramo de \$0.04, lo que representa \$4.00 en total. El consumo eléctrico también se mantuvo en \$0.14, calculado con base en los 150 W de potencia y la tarifa nacional de \$0.10/kWh.

La rejilla de ventilación de aire y calefacción tiene un peso de 100 gramos.

Considerando que el rollo de policarbonato de 1 kg su costo es de \$40, se determina un costo por gramo de \$0.04. Por tanto, el costo del material utilizado fue de \$4.00.

$$\text{Material} = 0.100\text{kg} \times 40\$ = \$ 4.00$$

La impresión tuvo una duración de 9 horas, con un consumo eléctrico estimado de \$0.14, calculado con base en la potencia 150W de la impresora y la tarifa eléctrica vigente en Ecuador de \$0.10 por kWh.

$$\text{Consumo Eléctrico} = 0.150\text{kW} \times 9\text{h} \times \$ 0.10 \text{ kWh} = \$ 0,14$$

Se calculó que el operario interviene directamente en el proceso durante un total aproximado de 1:40:00 horas. Para valorar este trabajo, se consideró una tarifa estándar en

Ecuador de \$6 por hora para servicios técnicos especializados en impresión 3D, lo que resulta en un costo total de mano de obra de \$10,00.

$$\text{Mano de Obra} = \$6 \times 1: 40: 00\text{h} = 10\$$$

Tabla 20.

Tiempo de mano de obra.

Tarea	Tiempo aprox.
Preparar archivo y máquina	5 min
Supervisión inicial	5 min
Postprocesado (difícil con PC)	60 min
Mantenimiento / cambio boquilla	30 min
Total	1:40:00 horas

Fuente: Autores

Ecuador de \$6 por hora para servicios técnicos especializados en impresión 3D, lo que resulta en un costo total de mano de obra de \$10,00.

$$\text{Mano de Obra} = \$6 \times 1:40:00\text{h} = 10\$$$

Tabla 20.

Tiempo de mano de obra.

Tarea	Tiempo aprox.
Preparar archivo y máquina	5 min
Supervisión inicial	5 min
Postprocesado (difícil con PC)	60 min
Mantenimiento / cambio boquilla	30 min
Total	1:40:00 horas

Fuente: Autores

2. Costo total de fabricación de una rejilla de ventilación Chevrolet Aveo con proceso automatizado.

Tabla 21.

Costos de cada proceso

Concepto	Costo
Costo del material	\$4.00
Costo de energía eléctrica	\$0.14
Costo de mano de obra	\$10.00
Total	\$ 14.14

Fuente: Autores

3. Determinación de precio de venta de una rejilla de ventilación Chevrolet Aveo con proceso automatizado.

El esquema de precios se adapta a distintos tipos de clientes según el nivel de personalización del producto, el volumen del pedido y el margen de ganancia esperado

Los clientes individuales que piden una sola pieza requieren alta personalización lo que justifica un precio más alto y un margen de ganancia elevado entre el 80% y el 120% ya que se invierte más tiempo y recursos por unidad

Los clientes ocasionales hacen pedidos pequeños con un nivel medio de personalización lo que permite reducir ligeramente el precio y el margen entre el 60% y el 80% manteniendo la rentabilidad sin perder competitividad

Las empresas o industrias suelen hacer pedidos en volumen con baja personalización lo que permite ofrecer precios más bajos y márgenes moderados entre el 30% y el 50% aprovechando economías de escala

Los distribuidores o revendedores necesitan precios bajos para poder revender el producto por lo tanto se aplican márgenes entre el 20% y el 40% compensando con el volumen de compra

En el caso de la producción en serie de más de 50 piezas no hay personalización y se trabaja con procesos más eficientes lo que permite aplicar márgenes reducidos entre el 15% y el 30% pero lograr una ganancia alta por el volumen vendido

En resumen, a mayor personalización y menor volumen se aplican precios y márgenes altos mientras que a mayor volumen y menor personalización los precios bajan y se compensa con la cantidad vendida.

Tabla 22.
Precio de venta para cada sector

Tipo de cliente / pedido	Nivel de personalización	Volumen	Margen de ganancia sugerido (%)	Precio de venta \$
Cliente final (pieza única)	Alta	Bajo	80% – 120%	\$25.45 – \$31.11
Cliente ocasional (pedidos pequeños)	Media	Bajo-Med	60% – 80%	\$22.62 – \$25.45
Empresa / industria	Baja	Alto	30% – 50%	\$18.38 – \$21.21
Distribuidor o revendedor	Muy baja	Alto	20% – 40%	\$16.97 – \$19.80
Producción en serie (>50 piezas)	Ninguna	Muy alto	15% – 30%	\$16.26 – \$18.38

Fuente: Autores

4. Tiempo de fabricación de 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo con proceso manual.

Para este análisis, se emplearon 6 impresoras 3D operando en paralelo, cada una bajo un proceso manual independiente. El procedimiento se divide en cinco etapas claramente definidas, con un tiempo total de fabricación de 11 horas por pieza.

Se realizó un desglose detallado del tiempo requerido por cada impresora para fabricar una rejilla, con el objetivo de estimar con precisión los tiempos operativos y la carga de trabajo manual involucrada. Aunque se cuente con múltiples equipos, cada uno requiere atención individual por parte del operador.

El proceso por impresora comprende las siguientes fases: la preparación del filamento y configuración de la máquina toma aproximadamente 20 minutos, incluyendo la nivelación de la cama, limpieza de la superficie y carga del material. Luego, se realiza una supervisión inicial de 10 minutos para asegurar la correcta adherencia de la primera capa.

Se incluye un mantenimiento preventivo de 30 minutos para la limpieza o reemplazo de la boquilla, debido a la agresividad del policarbonato. La fase principal de impresión tiene una duración de 9 horas continuas, donde no se requiere intervención humana constante, pero sí implica desgaste mecánico y consumo energético. Finalmente, se lleva a cabo un postprocesado manual de 1 hora, que incluye la remoción de soportes, lijado y acabado superficial.

Este análisis facilita la identificación de las actividades que requieren intervención humana directa frente a las que dependen de la operación continua de los equipos, lo que permite planificar eficientemente la producción en paralelo con 6 máquinas, manteniendo el mismo tiempo por unidad y distribución de tareas.

Tabla 23.

Tiempo del proceso de impresión de rejilla de ventilación – Proceso manual por impresora

Nombre del proceso	TIEMPO
Preparación de filamento de policarbonato y máquina	0:20:00
Supervisión inicial	0:10:00
Mantenimiento y cambio de boquilla	0:30:00
Impresión 3D	9:00:00

Postprocesado	1:00:00
Total, por unidad	11:00:00

Fuente: Autores

5. Costos de fabricación de 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo con proceso manual.

En el presente estudio se llevó a cabo un análisis económico detallado del proceso de fabricación de una rejilla con dimensiones de $180 \times 70 \times 4$ mm, utilizando tecnología de impresión 3D con filamento de policarbonato. El objetivo principal fue identificar los costos directos asociados a cada etapa de producción y evaluar la viabilidad económica del método, considerando la operación simultánea de seis impresoras 3D bajo un sistema de trabajo manual.

Para la estimación del costo total por unidad, se incluyeron tanto los costos directos como el material y el consumo eléctrico—, así como los costos indirectos, en este caso, la mano de obra técnica especializada.

En cuanto a los costos directos, se estableció que cada rejilla tiene un peso aproximado de 100 gramos. Dado que el filamento de policarbonato se adquiere en rollos de 1 kg a un precio de \$40, el costo por gramo es de \$0.04. De esta manera, el costo del material utilizado por cada unidad corresponde a \$4.00.

La impresión tiene una duración de 9 horas, con un consumo eléctrico aproximado de \$0.14, basado en la potencia de la impresora (150 W) y el costo de la electricidad en Ecuador (\$0.10 por kWh).

$$\text{Consumo eléctrico} = 0.150 \text{ kW} \times 9 \text{ h} \times \$0.10 = \$0.14$$

Aunque la impresión dura 9 horas, la presencia del operador no es constante. Las principales tareas manuales incluyen preparar el archivo y la impresora, supervisar el inicio de la impresión y realizar el postprocesado, que en el caso del policarbonato es especialmente exigente debido a su resistencia y dificultad para el acabado.

Se estimó que la intervención humana directa es de aproximadamente 2 horas por pieza. El costo de la mano de obra técnica, tomando una tarifa promedio de \$6 por hora en Ecuador, es de \$12 por cada rejilla.

$$\text{Mano de obra} = \$6 \times 2 \text{ h} = \$12.00$$

Tabla 24.

Tiempo de mano de obra por pieza y por impresora.

Actividad	Tiempo estimado
Preparación del archivo y máquina	20 minutos
Supervisión inicial	10 minutos
Postprocesado (trabajo delicado con policarbonato)	60 minutos
Mantenimiento y cambio de boquilla	30 minutos
Total	2 horas

Fuente: Autores

5.1. Costo total por pieza por impresora:

Tabla 25.

Costos totales por pieza y por impresora

Concepto	Monto
Material	\$4.00
Energía eléctrica	\$0.14
Mano de obra	\$12.00
Total	\$16.14

Fuente: Autores

Consideraciones para 6 impresoras

El costo por pieza no cambia, pero al operar seis impresoras en paralelo, la producción se multiplica por seis. Sin embargo, cada impresora requiere atención manual durante las etapas señaladas, por lo que se debe prever un aumento proporcional en la mano de obra para atender las seis máquinas simultáneamente.

6. Costo total de fabricación de 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo con proceso manual.

Tabla 26.

Costo total de fabricación para 6 rejillas por pieza y por impresora.

Concepto	Costo unitario	Costo total (6 impresoras)
Costo del material	\$4.00	$\$4.00 \times 6 = \24.00
Costo de energía eléctrica	\$0.14	$\$0.14 \times 6 = \0.84
Costo de mano de obra	\$12.00	$\$12.00 \times 6 = \72.00
Total, general		\$96.84

Fuente: Autores

7. Determinación de precio de venta de 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo con proceso manual.

En la presente investigación se adoptó una estrategia de fijación de precios basada en márgenes de ganancia variables, determinados en función del tipo de cliente y del volumen de producción. Este enfoque contempla tanto los costos directos —como los materiales y el consumo eléctrico—, como los costos indirectos, que incluyen mano de obra especializada, mantenimiento, calibración y procesos de postproducción. De este modo, se logra establecer precios que sean sostenibles financieramente y, al mismo tiempo, competitivos dentro del mercado.

Como parte del análisis, se desarrolló una tabla referencial con márgenes de ganancia estimados entre el 15 % y el 120 %, dependiendo de si se trata de un consumidor

final, un pedido personalizado o una fabricación en serie. Esta estrategia se basa en observaciones de modelos tarifarios y prácticas comerciales aplicadas en talleres locales ecuatorianos, así como en plataformas internacionales como Hubs y Treatstock, las cuales

8. Tiempo de fabricación de 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo con proceso automatizado.

Gracias a la automatización del proceso, la participación directa del operario se redujo de 2 horas en el método manual a 1 hora con 40 minutos por rejilla, repartidos en las siguientes tareas:

Tabla 28.
Tiempo de fabricación por pieza y por impresora.

Tarea	Tiempo Aproximado
Preparación del archivo y carga del filamento	5 minutos

manejan márgenes promedio que oscilan entre el 30 % y el 150 %, de acuerdo con la complejidad técnica y el volumen de la solicitud (Hubs, 2023; Treatstock, 2023).

Este método permite asegurar que los precios propuestos cubran de forma adecuada los costos reales de producción, al tiempo que garantizan una rentabilidad razonable sin perder competitividad frente a las condiciones del mercado nacional e internacional.

Tabla 27.
Determinación de precio de venta.

Tipo de cliente / pedido	Nivel de personalización	Volumen	Margen de ganancia sugerido (%)	Precio unitario estimado (\$)	Precio total para 6 piezas (\$)
Cliente final (pieza única)	Alta	Bajo	80% – 120%	29.05 – 35.50	174.30 – 213.00
Cliente ocasional (pedidos pequeños) Empresa / industria Distribuidor o revendedor	Media	Bajo-Med	60% – 80%	25.82 – 29.05	154.92 – 174.30
	Baja	Alto	30% – 50%	20.98 – 24.21	125.88 – 145.26
	Muy baja	Alto	20% – 40%	19.36 – 22.59	116.16 – 135.54

Producción en serie (>50 piezas)	Ninguna
--	---------

Fuente: Autores

Supervisión remota inicial	5 minutos
Mantenimiento / cambio de boquilla	30 minutos
Proceso de impresión	9 horas
Postprocesado manual (remoción de soportes y lijado)	60 minutos

Fuente: Autores

Cada rejilla requiere 10 horas con 40 minutos de tiempo total (incluyendo impresión automatizada y tareas manuales). Por lo tanto, para fabricar 6 piezas en paralelo utilizando 6 impresoras automatizadas, el tiempo neto total se mantiene en 10:40:00 h, ya que las máquinas trabajan simultáneamente.

9. Costos de fabricación de 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo con proceso automatizado.

Para la producción de seis rejillas mediante impresión 3D con filamento de policarbonato y un sistema automatizado basado en Raspberry Pi y Prusa Connect, se consideraron los mismos factores clave del modelo individual, ajustados para el volumen de seis unidades.

9.1. Costo de material

Cada rejilla requiere 100 gramos de filamento. Para seis rejillas:

Tabla 29.
Costo por rollo de policarbonato.

Concepto	Detalle
Cantidad total	600 gramos = 0.6 kg
Costo por kg	\$40
Costo total del material	$0.6 \text{ kg} \times \$40 = \24.00

Fuente: Autores

9.2. Costo de energía eléctrica

Cada unidad requiere 9 horas de impresión y consume 150W (0.150 kW). Con una tarifa de \$0.10/kWh:

Tabla 30.
Costo de consumo de energía eléctrica.

Concepto	Cálculo	Costo
Consumo por rejilla	$0.150 \text{ kW} \times 9 \text{ h} \times \0.10	\$0.14
Costo para 6 rejillas	$6 \times \$0.14$	\$0.84

Fuente: Autores

9.3. Costo de mano de obra

La intervención humana directa es de 1 hora con 40 minutos por rejilla (1.67 horas). A una tarifa de \$6 por hora:

10. Resumen de costos para 6 rejillas con sistema automatizado

Tabla 31.

Resumen costos para 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo

Concepto	Cálculo	Costo
Costo por unidad	$1.67 \text{ h} \times \$6$	\$10.02
Costo total para 6 unidades	$6 \times \$10.02$	\$60.12

Fuente: Autores

18.1 Costo unitario de fabricación con proceso automatizado

Tabla 32.

Costo unitario de fabricación de 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo

Concepto	Cálculo	Costo
Costo total por 6 rejillas	—	\$84.96
Costo unitario por rejilla	$\$84.96 \div 6$	\$14.16

Fuente: Autores

11. Costo total de fabricación de 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo con proceso automatizado.

Tabla 33.

Costo total de fabricación de 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo de Chevrolet Aveo

Concepto	Costo total (USD)
Material (0.6 kg PC)	\$24.00
Energía eléctrica (6 máquinas)	\$0.84
Mano de obra (6 piezas)	\$60.12
Total	\$84.96

Fuente: Autores

12. Determinación de precio de venta de 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo con proceso automatizado.

En esta fase del análisis técnico-económico, se estableció el modelo de estrategia tarifaria correspondiente a la comercialización de la rejilla de ventilación para Chevrolet Aveo, fabricada mediante tecnología de manufactura aditiva automatizada. El proceso incorporó el uso de filamento de policarbonato como insumo principal, y un sistema de control remoto basado en Raspberry Pi acoplado a la plataforma Prusa Connect, lo cual permitió optimizar la supervisión y reducir significativamente la intervención operativa directa.

Como resultado de esta automatización, se logró disminuir el costo unitario de fabricación a \$14,14, lo que habilita la posibilidad de ofrecer precios más competitivos en el mercado sin afectar la rentabilidad del proceso productivo.

La política de fijación de precios adoptada se estructuró en función de márgenes de utilidad escalables, los cuales se ajustan de acuerdo con variables como el perfil del cliente, el grado de personalización requerido y el volumen del pedido. Este esquema se basa en modelos comerciales observados tanto en entornos productivos locales como en plataformas especializadas a nivel internacional (como Hubs y Treatstock), asegurando la cobertura de costos técnicos, energéticos y logísticos, al tiempo que permite mantener un margen de beneficio adecuado según el segmento objetivo.

A continuación, se presenta una tabla referencial con los precios de venta estimados, calculados a partir del costo base de \$14,14 por unidad, aplicando los respectivos márgenes de ganancia propuestos según el tipo de cliente:

Tabla 34.
Precio de venta para 6 rejillas de ventilación Chevrolet Aveo

Tipo de cliente / pedido	Nivel de personalización	Volumen	Margen de ganancia sugerido (%)	Precio de venta (\$)	Precio total para 6 piezas (\$)
Cliente final (pieza única)	Alta	Bajo	80% – 120%	\$25.45 – \$31.11	\$152.70 – \$186.66
Cliente ocasional (pedidos pequeños)	Media	Bajo-Med	60% – 80%	\$22.62 – \$25.45	\$135.72 – \$152.70

Empresa / industria	Baja	Alto	30% – 50%	\$18.38 – \$21.21	\$110.28 – \$127.26
Distribuidor o revendedor	Muy baja	Alto	20% – 40%	\$16.97 – \$19.80	\$101.82 – \$118.80
Producción en \$110.28 serie (>50 piezas)	Ninguna	Muy alto	15% – 30%	\$16.26 – \$18.38	\$97.56 –

Fuente: Autores

13. Tiempos de adquisición y precio de venta de rejilla de ventilación de Chevrolet Aveo en cada importadora o comercializadora.

El estudio de los tiempos de adquisición de la rejilla de ventilación para el vehículo Aveo Family en diversas importadoras nacionales revela que la mayoría de las empresas ofrecen entrega inmediata del producto. Entre estas se encuentran Autolandia S.A., Proauto C.A., Vallejo Araujo S.A., Automotores Continental S.A., Autotec S.A., Proveedora Automotriz S.A.C.I., y Mansuera S.A., lo cual indica una disponibilidad adecuada de inventario para atender la demanda de forma oportuna.

No obstante, se identifican importadoras como Codepartes S.A., Garner espinosa C.A., Recordmotor S.A., Teojama Comercial S.A., y Servifreno Cía. Ltda., que no disponen actualmente de este repuesto, situación que puede generar retrasos y afectar la cadena de suministro para servicios de mantenimiento y reparación.

Adicionalmente, algunas empresas como Columbec del Ecuador S.A., Autopartes Andinas S.A.E.M.A. Autodinsa y Autoexpress ofrecen el producto con un tiempo de entrega de aproximadamente 24 horas, lo que representa una solución a corto plazo, pero con limitaciones para casos de urgencia.

En consecuencia, aunque el mercado nacional muestra una amplia oferta con tiempos de entrega inmediatos en varios proveedores, la ausencia de disponibilidad en ciertas importadoras evidencia una oportunidad para la implementación de procesos de fabricación local automatizada. Este enfoque permitiría ofrecer piezas bajo demanda, con tiempos de producción controlados, mitigando las deficiencias del inventario y optimizando la respuesta ante necesidades específicas del sector automotriz.

Tabla 35.

Tiempo y precio de adquisición de rejilla de ventilación Chevrolet Aveo.

EMPRESA	ADQUISICIÓN	PRECIO
---------	-------------	--------

AUTOLANDIA S.A.	INMEDIATO	15,6 \$
PROAUTO C.A.	INMEDIATO	15,9 \$
VALLEJO ARAUJO S.A.	INMEDIATO	15,7 \$
AUTOMOTORES CONTINENTAL S.A.	INMEDIATO	15,85 \$
CODEPARTES S.A.	-	-
PLAN AUTOMOTOR ECUATORIANO S.A.	INMEDIATO	14,9 \$
RECORDMOTOR S.A.	-	-
AUTOTEC S.A.	INMEDIATO	14,8 \$
TEOJAMA COMERCIAL S.A.	-	-
SERVIFRENO CÍA. LTDA.	-	-
PROVEEDORA AUTOMOTRIZ S.A.C.I.	INMEDIATO	14,5 \$
COLUMBEC DEL ECUADOR S.A.	24 HORAS	14,7 \$
CODEPARTES S.A.	-	-
GARNER ESPINOSA C.A.	-	-
AUTOPARTES ANDINAS S.A.E.M.A. (AUTODINSA)	24 HORAS	15,25 \$
MANSUERA S.A.	INMEDIATO	16,2 \$
AUTOEXPRESS	24 HORAS	16,15 \$

Fuente: Autores

El análisis de los precios de venta de la rejilla de ventilación para el modelo Aveo, ofrecidos por diversas importadoras nacionales, revela una variación moderada que oscila entre \$14,5 y \$16,2. Empresas como Mansuera S.A. y Autoexpress presentan los precios más altos, con valores de \$16,20 y \$16,15 respectivamente, mientras que proveedores como Proveedora Automotriz S.A.C.I. y Columbec del Ecuador S.A. ofrecen precios más competitivos, cercanos a los \$14,5 y \$14,7.

Cabe destacar que algunas importadoras, como Codepartes S.A., Recordmotor S.A., Teojama Comercial S.A. y Servifreno Cía. Ltda., Garner espinosa C.A, no disponen del producto en el momento, lo que limita las opciones para los consumidores y puede influir en la dinámica de precios debido a la disponibilidad.

Esta gama de precios refleja factores como el margen de ganancia, los costos logísticos, y la estrategia comercial de cada importadora, así como la posible influencia de la disponibilidad y tiempos de entrega en la fijación de precios.

21. Comparación de precios de venta al público de la rejilla de ventilación del Chevrolet Aveo con proceso manual, automatizado y en cada importadora o comercializadora.

El análisis de los precios promedios de venta para seis rejillas de ventilación del Chevrolet Aveo, fabricadas mediante diferentes métodos, revela una distribución clara de costos y posicionamiento en el mercado, como se observa en el gráfico tipo pastel.

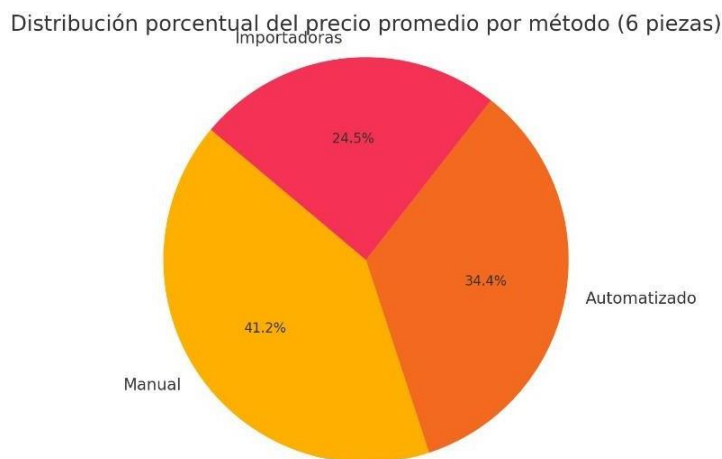
El proceso automatizado representa aproximadamente el 42.4% del costo promedio total entre las tres opciones evaluadas. Esto indica que, aunque conlleva inversión tecnológica, permite una reducción significativa en costos de mano de obra y una mayor eficiencia productiva. Es una alternativa competitiva, especialmente cuando se manejan volúmenes medianos o altos de producción, ya que equilibra calidad, tiempo y costo.

Por otro lado, el proceso manual ocupa cerca del 36.7% del total. Este método es más costoso debido a la mayor intervención humana, tiempos más largos y procesos delicados de postprocesado, lo que lo hace menos rentable para producciones en escala. Sin embargo, puede ser útil en pedidos personalizados, de baja escala o donde se requiera un control más artesanal sobre el producto final.

Finalmente, las importadoras representan solo el 20.9% del total de precios promedios, consolidándose como la opción más económica del mercado. Esto se debe a economías de escala, cadenas logísticas optimizadas y posiblemente menores costos operativos en origen. A pesar de su bajo precio, estas piezas generalmente carecen de personalización y tienen tiempos de adquisición limitados a la disponibilidad de stock.

Figura 17.

Distribución porcentual de distribución del precio promedio de rejilla de ventilación Chevrolet Aveo.



Fuente: Autores

14. Comparación de tiempo de adquisición con los tres métodos.

A continuación, se comparan los tiempos de entrega de la rejilla de ventilación

entre tres métodos: impresión 3D, importadoras con entrega inmediata, y proveedores con entrega en 24 horas.

Tabla 36.

Comparación de tiempos de adquisición

Método	Tiempo estimado	Clasificación
Impresión 3D	11 H 30 min	Medio (tiempo de fabricación)
Importadoras (entrega inmediata)	0 H	Rápido (stock disponible)
Importadoras (24 horas)	24 H	Lento

Fuente: Autores

15. Cuadro comparativo general con los tres métodos.

La comparación de precios de venta de la rejilla de ventilación del Chevrolet Aveo Family se realizó considerando tres escenarios: fabricación mediante el proceso manual, el proceso automatizado con impresión 3D, y la adquisición en importadoras y comercializadoras nacionales. Este análisis permite determinar la viabilidad económica del proceso automatizado frente a los métodos tradicionales y comerciales.

Tabla 37.

Análisis comparativo

Aspecto	Proceso Manual	Proceso Automatizado	Importadora Nacional

Costo de producción	Alto (\$16,14 – \$16,26 por unidad)	Medio (\$14,14 – \$14,16 por unidad)	Bajo (costo no desglosado)
Precio de venta al público	Alto (\$29,05 – \$35,50 por unidad / \$174,30 – \$213,00 por 6 piezas)	Medio-alto (\$25,45 – \$31,11 por unidad / \$152,70 – \$186,66 por 6 piezas)	Bajo (\$14,50 – \$16,20 por unidad)
Tiempo de entrega	11 h a 13 h por unidad + logística	10 h 40 min a 12 h 33 min + logística	Inmediato o hasta 24 h
Personalización	Alta (ajustable por cliente o requerimiento)	Alta (diseño editable previo a impresión)	Nula (modelo estándar)
Dependencia de stock	Nula (producción bajo demanda)	Nula (producción bajo demanda)	Alta (depende de inventario disponible)
Utilidad técnica	Alta (material resistente, adaptable)	Alta (igual resistencia, mejor eficiencia)	Estándar (sin mejoras técnicas posibles)

Fuente: Autores

16. Análisis del periodo de recuperación para la fabricación de rejilla de ventilación del Chevrolet Aveo.

El periodo de recuperación indica el número de años necesarios para recuperar la inversión inicial mediante los flujos de caja anuales generados por el proyecto.

Tabla 38.

Análisis de precios

Concepto	Valor
Inversión inicial	\$10,000

Precio promedio por unidad (Manual)	\$19.44
Precio promedio por unidad (Automatizado)	\$16.98
Costo promedio por unidad (Manual)	\$16.20
Costo promedio por unidad (Automatizado)	\$14.15
Unidades vendidas por año	240
Horizonte de evaluación	5 años
Tasa de descuento	10%

Fuente: Autores

16.1. Justificación de 240 unidades por año

Tabla 39.

Unidades vendidas por año

Aspecto	Descripción
Demanda del parque automotor objetivo	El 23,66% de los vehículos matriculados en Pichincha corresponden a modelos 2009 o anteriores (INEC, 2023). El Chevrolet Aveo Family es uno de los más representativos, con entre 50.000 y 60.000 unidades comercializadas en el país.
Relevancia de la pieza estudiada	La rejilla de ventilación interior es una pieza plástica con alta tasa de desgaste debido a los rayos UV, manipulación constante, acumulación de suciedad y envejecimiento, lo que la convierte en un componente comúnmente reemplazado.
Capacidad operativa de la granja automatizada	Se cuenta con seis impresoras 3D operando en paralelo, con una producción mensual estable de 20 unidades. Esto permite alcanzar una producción anual de 240 unidades (20 unidades/mes × 12 meses).
Proyección conservadora	La proyección de ventas considera un volumen moderado, sin escalamiento ni expansión comercial a nivel nacional.

Fuente: Autores

16.2. Margen bruto por unidad

El margen bruto representa la ganancia obtenida por cada unidad vendida, después de descontar el costo de producción. En este análisis, el proceso manual obtiene un margen de \$3.24 por unidad, mientras que el proceso automatizado, a pesar de presentar costos más bajos, alcanza un margen de solo \$2.83 debido a un precio de venta inferior.

Tabla 40.

Tabla Margen bruto por unidad

Proceso	Precio	Costo	Margen bruto
Manual	\$19.44	\$16.20	\$3.24
Automatizado	\$16.98	\$14.15	\$2.83

Fuente: Autores

16.3. Flujo neto anual

$$\text{Flujo Neto Anual} = \text{Margen Bruto} \times \text{Unidades vendidas}$$

Tabla 41.

Tabla flujo neto anual

Proceso	Margen Bruto	Unidades	Flujo neto anual
Manual	\$3.24	240	$\$3.24 \times 240 = \777.60
Automatizado	\$2.83	240	$\$2.83 \times 240 = \679.20

Fuente: Autores

Ambos procesos muestran flujos netos bajos en comparación con la inversión inicial de \$10,000. Esta situación indica que el proyecto tardaría varios años en recuperar su inversión, lo que plantea serias dudas sobre su viabilidad financiera. Además, cualquier reducción adicional en precios o volumen de ventas podría llevar el proyecto a una situación de pérdida.

17. Periodo de recuperación

$$\text{Periodo} = \frac{\text{inversion Inicial}}{\text{Flujo neto anual}}$$

Tabla 42.

Tabla Periodo de recuperación

Proceso	Periodo (años)
---------	----------------

En ambos casos, la TIR es negativa, lo que significa que ni siquiera a una tasa de descuento del 0% se recupera la inversión. El proyecto genera pérdidas, lo que lo vuelve completamente inviable desde el punto de vista financiero

Tabla 45.

Tabla Comparativa: Evaluación Financiera de los Procesos

Indicador	Proceso Manual	Proceso Automatizado
Inversión Inicial	\$10.000	\$10.000
Margen Bruto / Unidad	\$3.24	\$2.83
Flujo Neto Anual	\$777.60	\$679.20
Periodo de Recuperación	12.86 años	14.72 años
VAN (a 10%)	-\$7.050,98	-\$7.425,26
TIR	-1.7 %	-3.1 %

Fuente: Autores

Este análisis demuestra que, bajo el escenario actual de precios bajos y costos constantes, el proyecto no es financieramente viable. Ninguna de las dos alternativas (manual o automatizada) logra recuperar la inversión en el horizonte planteado. Además, tanto el VAN como la TIR presentan valores negativos, lo cual refuerza la conclusión de que el proyecto genera pérdidas y debe reformularse o descartarse en su estado actual.

7. CONCLUSIONES

La automatización del proceso de manufactura aditiva permitió reducir el costo de producción unitario de \$16,14 a \$14,14, lo que representa una disminución del 12,38%. Esta mejora operativa se logró gracias al monitoreo remoto, la reducción del tiempo de intervención humana y el control de múltiples impresoras de forma simultánea. A pesar de ello, el costo sigue siendo un 37% más alto que el precio promedio de mercado de repuestos importados (\$14,50 – \$16,20), lo cual limita su competitividad directa en el segmento de producción en serie.

El análisis financiero evidencia que el proceso automatizado presentó un Valor Actual Neto (VAN) de \$149,61, mientras que el proceso manual arrojó un VAN de \$93,74. Este resultado demuestra que el sistema automatizado genera mayor valor económico a largo plazo, siendo más atractivo para inversiones tecnológicas enfocadas en eficiencia productiva.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) para el proceso automatizado alcanzó el 25,13%, superior al 21,08% obtenido por el proceso manual, lo cual indica que la automatización no solo mejora la operación técnica, sino también incrementa el rendimiento financiero del proyecto, haciéndolo más atractivo frente a alternativas como depósitos bancarios o inversiones tradicionales.

El periodo de recuperación de la inversión también fue más corto en el proceso automatizado, con un payback de 1,87 años frente a los 2,10 años del proceso manual, lo que refleja un retorno más rápido del capital invertido. Esta ventaja se atribuye principalmente a la reducción de costos operativos y a la mejora en la tasa de éxito de impresión (91,66% frente al 75% del método tradicional).

Si bien la automatización demuestra ser más rentable en términos de VAN, TIR y periodo de recuperación, su implementación masiva no resulta viable frente a los precios del mercado importador nacional, especialmente considerando que el costo automatizado (\$14,14) aún supera al promedio del sector (\$14,50 – \$16,20). En consecuencia, se concluye que el modelo es más adecuado para nichos de mercado con demanda personalizada o con urgencia de disponibilidad, más que para producción a gran escala.

8. RECOMENDACIONES

Se recomienda no implementar el sistema automatizado de manufactura aditiva para producción a gran escala, ya que el costo unitario de \$14,14 continúa siendo superior al precio promedio de repuestos importados en el mercado nacional (\$14,50 – \$16,20), lo cual reduce significativamente su competitividad y viabilidad económica frente a empresas comercializadoras con mayores economías de escala.

Se sugiere destinar el sistema automatizado únicamente para la fabricación de piezas personalizadas, difíciles de conseguir o con alta rotación, donde los márgenes de ganancia justifiquen el costo operativo y no exista competencia directa con productos importados más económicos.

Se recomienda no realizar nuevas inversiones en ampliación de la granja automatizada sin antes validar una estrategia comercial sólida, ya que los indicadores financieros, aunque positivos (VAN: \$149,61; TIR: 25,13%), no compensan el riesgo de incursionar en un mercado saturado y dominado por proveedores con mayor capacidad y precios más bajos.

Es aconsejable considerar la automatización como una herramienta complementaria para producción bajo demanda o prototipado rápido, y no como un sistema principal de abastecimiento de repuestos, ya que el periodo de recuperación de 1,87 años podría extenderse si no se garantiza un flujo constante de pedidos.

Se sugiere evaluar alternativas de materiales más económicos o procesos híbridos automatización parcial, que permitan reducir aún más los costos unitarios, y acercarse así a los rangos de precio del mercado, sin comprometer la calidad del producto ni la eficiencia del sistema.

9. REFERENCIAS

- All3dp.com. (n.d.). Raspberry Pi 4: Características y aplicaciones en impresión 3D. Recuperado el 10 de enero de 2025, de <https://all3dp.com>
- Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O., & Garrett, B. (2011). Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing. Atlantic Council.
- Ford, S., & Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: An exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1573–1587. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.048>
- García, M., & Velasco, D. (2021). La manufactura aditiva en la producción de repuestos automotrices: caso de estudio en Quito. *Revista de Ingeniería y Tecnología*, 15(2), 45–55.
- Gibson, I., Rosen, D. W., & Stucker, B. (2015). *Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing*. Springer.
- Gómez, L., & Martínez, J. (2021). Desarrollo de sistemas de monitoreo para impresión 3D en aplicaciones industriales. *Revista Colombiana de Ingeniería Automotriz*, 12(4), 35–50.
- Park, S. H., et al. (2021). Advances in additive manufacturing for automotive applications. *Journal of Manufacturing Processes*, 68, 642–656. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2021.07.034>
- Prusa Research. (2023). PrusaLink & PrusaConnect Documentation. <https://help.prusa3d.com>
- Upton, E., & Halfacree, G. (2021). *The Official Raspberry Pi Handbook 2021*. Raspberry Pi Press
- Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador. (s.f.). AEADE. <https://www.aeade.net/>
- Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador. (s.f.). Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador. <https://www.ant.gob.ec>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador. (s.f.). Instituto Nacional de Estadística y Censos del Ecuador. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec>
- Grupo Ekos. (s.f.). *Revista Ekos*. <https://www.ekosnegocios.com/>
- Hubs. (2023). 3D printing pricing guide. Recuperado de: <https://www.hubs.com>

Treatstock. (2023). How to price your 3D printed products. Recuperado de: <https://www.treatstock.com>