

REPÚBLICA DEL ECUADOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TEMA:

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PRODUCCIÓN DE UN DISCO DE FRENO
PARA VEHÍCULOS LIVIANOS”**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Magíster en Ingeniería
Automotriz mención Negocios Automotrices

AUTOR: Ing. José Luis Alba Chuquín

DIRECTOR: Ing. Jonathan Xavier Lima Trujillo MSc

IBARRA - ECUADOR

2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA



**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 29 de julio de 2025

Jonathan Xavier Lima Trujillo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Ing. Jonathan Xavier Lima Trujillo MSc
C.C.: 100300707042



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**



**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003101795		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Alba Chuquín José Luis		
DIRECCIÓN:	Dr. Marco Nicolalde 6-92 y Federico Larrea		
EMAIL:	luisjc777.la@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	0629522897	TELÉFONO MÓVIL:	0997798201

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PRODUCCIÓN DE UN DISCO DE FRENO PARA VEHÍCULOS LIVIANOS
AUTOR (ES):	Ing. José Luis Alba Chuquín
FECHA: DD/MM/AAAA	29-07-2025
PROGRAMA:	Maestría en Ingeniería Automotriz con mención en Negocios Automotrices
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	MSc. Ingeniería Automotriz con mención en Negocios Automotrices
DIRECTOR:	Ing. Jonathan Xavier Lima Trujillo MSc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de julio del año 2025

EL AUTOR:

Firma

Ing. José Luis Alba Chuquín
CI.: 1003101795

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	I
ÍNDICE DE TABLAS	III
ÍNDICE DE FIGURAS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Alcance	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO REFERENCIAL	6
2.1. Marco teórico.....	6
2.1.1. <i>Definición y función de un disco de freno</i>	6
2.1.2. <i>Esfuerzos a los están sometidos los discos de frenos</i>	6
2.1.3. <i>Componentes de un disco de freno</i>	8
2.1.4. <i>Forma de un disco de freno</i>	9
2.1.5. <i>Diseño de discos de freno</i>	11
2.1.6. <i>Proceso de fabricación de discos de freno:</i>	12
2.1.7. <i>Software para diseñar discos de frenos</i>	17
2.1.8. <i>Prototipado rápido en 3D</i>	17
2.2. Marco legal	18
2.2.1. <i>Constitución de la República del Ecuador</i>	18
2.2.2. <i>Acuerdo Ministerial No. MDT-2018-0192</i>	19
2.2.3. <i>Servicio Ecuatoriano de Normalización</i>	19
CAPÍTULO III	20
MARCO METODOLÓGICO	20
3.1. Descripción del área de estudio y el grupo de estudio	20
3.2. Enfoque y tipo de investigación	20

3.3.	Procedimientos	20
3.3.1.	<i>Fase 1: Investigación, proceso y manufactura</i>	20
3.3.2.	<i>Fase 2: Diseño – Proceso y Manufactura</i>	22
3.3.3.	<i>Fase 3: Fabricación – Prototipado Rápido</i>	24
3.3.4.	<i>Fase 4: Validación – Proceso y Manufactura</i>	28
3.4.	Consideraciones bioéticas	29
CAPITULO IV		30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		30
4.1.	Elección del disco de freno según el reporte “Mundo Frenos”.	30
4.2.	Resultados del diagnóstico de dureza	31
4.3.	Resultados de laboratorio ALLPING L&D S.A.S.....	32
4.4.	Imágenes del disco de freno seleccionado “Software CAD”.	34
4.5.	Obtención del “Prototipo” y verificación de las medidas geométricas.	36
4.6.	Evaluación del proceso de manufactura.	37
4.7.	Análisis financiero.....	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		43
4.8.	Conclusiones.....	43
4.9.	Recomendaciones	44
BIBLIOGRAFÍA		45
ANEXOS		47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Variación de ventas de diferentes marcas de vehículos livianos en el Ecuador ..	1
Tabla II. Materiales utilizados en los discos de freno.....	8
Tabla III. Peticiones disco de frenos periodo (julio 2024 – octubre 2024)	20
Tabla IV. Características de impresión 3D	27
Tabla V. Resultados de Peticiones de discos de frenos (julio 2024 – octubre 2024).....	31
Tabla VI. Composición química	33
Tabla VII. Costo promedio de producción	38
Tabla VIII. Inversión inicial	40
Tabla IX. Gastos iniciales	41
Tabla X. Gastos operativos	41
Tabla XI. Costos de producción	42
Tabla XII. Proyección de ventas.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) Disco ventilado, b) Disco macizo, c) Disco perforado	6
Figura 2. Esfuerzos del disco de freno	7
Figura 3. Bandas del disco de freno.	10
Figura 4. Dimensiones del disco de freno Jetour X70.....	12
Figura 5. Modelo y velocidad de colado de un disco de freno.....	13
Figura 6. Variables de fluido mecánicas.	14
Figura 7. Medidas de los parámetros geométricos.	15
Figura 8. Dureza Brinell de las fundiciones.	15
Figura 9. Medidas de los parámetros geométricos.	18
Figura 10. Disco de freno comercial.	21
Figura 11. Prueba de dureza del disco de freno comercial	22
Figura 12. Extracción de muestra del disco de freno comercial.....	22
Figura 13. Visita Fundidora SMO	23
Figura 14. Áreas de la fábrica: Arcilla, metales, horno, molde, etc.	23
Figura 15. Escaneo del disco de freno comercial.	24
Figura 16. Imagen programa SolidWorks.....	25
Figura 17. Ángulo de salida.....	25
Figura 18. Perforaciones en el disco de freno.	25
Figura 19. Vista de sección.....	26
Figura 20. Diseño de molde.....	26
Figura 21. Material de impresión 3D.....	27
Figura 22. Máquina de impresión 3D.....	28
Figura 23. Taller automotriz Tecnicentro 360.	28
Figura 24. Medición de dureza.	32
Figura 25. Ensayo de Metalografía ASTM E45.	34
Figura 26. Dimensiones Disco de freno	35
Figura 27. Imagen prototipo disco de freno 3D.	37
Figura 28. Diagrama de flujo del proceso de manufactura de un disco de freno	39

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE POSGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA AUTOMOTRIZ CON MENCIÓN
EN NEGOCIOS AUTOMOTRICES

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE PRODUCCION DE UN DISCO DE FRENO
PARA VEHICULOS LIVIANOS**

Autor: José Luis Alba Chuquín

Tutor: Xavier Lima

Año: 2025

RESUMEN

El presente estudio analiza la factibilidad de producción de un disco de freno destinado a vehículos livianos de marca china como una alternativa innovadora en el sector industrial automotriz nacional frente a una demanda considerable que existe en el mercado, tomando en cuenta aspectos técnicos, económicos y de mercado. El disco de freno es un elemento fundamental en los sistemas de los vehículos, por lo que su fabricación debe cumplir con ciertas características técnicas: medidas precisas, resistencia térmica y durabilidad. La propuesta se enfoca en diseñar un proceso de manufactura utilizando técnicas de ingeniería inversa y prototipado 3D y como resultado obtener un producto competitivo utilizando materiales como hierro gris siendo el material principal del disco de freno para luego continuar con procesos de mecanizado y control de calidad que garanticen su correcto funcionamiento en el vehículo. Desde el punto de vista económico, se evalúa la inversión inicial en maquinaria, infraestructura, materia prima y mano de obra. Además, se realiza un análisis de costos para determinar el punto de equilibrio, el costo unitario de producción en relación a los precios del mercado actual. La investigación concluye que, con una adecuada planificación y gestión de recursos en la producción de discos de freno genera una oportunidad y existe la posibilidad de sustituir importaciones, con esto también se pretende fomentar la innovación tecnológica automotriz, reduciendo costos logísticos que ayudan directamente a fortalecer la industria nacional. Asimismo, se recomienda establecer alianzas con talleres, concesionarios y distribuidores, para asegurar la comercialización del disco de freno y generar una mayor utilidad de lo establecido.

Palabras claves: factibilidad, producción, disco, prototipo 3D, freno, costos.

ABSTRACT

This study analyzes the production feasibility of a brake disc for Chinese-brand light vehicles as an innovative alternative in the domestic automotive industry, given the considerable market demand. The brake disc is a fundamental element in vehicle systems, so its manufacturing must meet certain technical specifications: precise measurements, thermal resistance, and durability. The proposal focuses on designing a manufacturing process using reverse engineering and 3D prototyping techniques, resulting in a competitive product using materials such as gray iron, the main material for the brake disc, and then continuing with machining and quality control processes to ensure its proper functioning in the vehicle. From an economic perspective, the initial investment in machinery, infrastructure, raw materials, and labor is evaluated. In addition, a cost analysis is performed to determine the break-even point, the unit cost of production in relation to current market prices. The research concludes that, with proper planning and resource management, brake disc production creates an opportunity and the possibility of import substitution. This also aims to promote automotive technological innovation, reducing logistics costs, which directly contributes to strengthening the domestic industry. It is also recommended to establish partnerships with workshops, dealerships, and distributors to ensure the commercialization of brake discs and generate greater profits than previously established.

Keywords: feasibility, production, disc, 3D prototype, brake, costs.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Según datos de la CINAIE, Cámara de la Industria Automotriz del Ecuador, en el año 2022 se vendieron un total de 11.490 vehículos, con un incremento superior al 100% de sus ventas en relación al año 2021, registrando una participación del 38,5% del mercado automotriz ecuatoriano.

En la Tabla I se puede observar la variación de ventas de diferentes marcas de vehículos livianos en el Ecuador, la primera posición es de Jetour, la división de modelos SUV de la marca china Chery, que ha registrado un aumento del 5.096% en sus ventas durante los primeros ocho meses de 2021 si se contrasta con el mismo periodo del año previo.

Tabla I. Variación de ventas de diferentes marcas de vehículos livianos en el Ecuador

Nº	Marca	Origen	2020	2021	Variación 2020 - 2021
1	Jetour	China	24	1247	5096%
2	Dongfeng	China	172	867	404%
3	Shineray	China	472	1593	238%
4	Chery	China	1350	3376	150%
5	DFSK	China	566	1378	143%
6	JAC	China	1881	3443	83%
7	Renault	Francia	1746	3179	82%
8	Volkswagen	Alemania	1239	2163	75%
9	Chevrolet	Estados Unidos	9819	16592	69%
10	Nissan	Japón	1669	2742	64%

Nota: Demanda de las diferentes marcas de discos de freno en el Ecuador en los ultimos años.

Fuente: Adaptado de Morales [1].

La ensambladora de vehículos es una de las industrias manufactureras de mayor importancia del país, evolucionando para convertirse en uno de los pilares de desarrollo más relevantes. Sin embargo, ese sector tiene que importar una gran cantidad de materias primas, lo que genera un gran déficit comercial, y ha llevado al gobierno a tomar varias medidas, siendo una de las más importantes promover que las ensambladoras incorporen componentes de producción nacional, disminuyendo así las importaciones, y en consecuencia la fuga de divisas [1].

Como señala la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), las operaciones de producción, comercio y reparación de automóviles y motocicletas crearon 182.492 puestos de trabajo durante el 2019. En total, 32.531 empleados se dedican a la comercialización de autopartes y solo 2.645 empleados se enfocan en la producción de autopartes [2].

Debido a que los materiales de fricción y los sistemas de frenos originales son escasos y costosos en el mercado, los consumidores están optando por utilizar repuestos alternativos de similares características y medidas realizando adaptaciones, especialmente en los vehículos de marcas chinas. Este tipo de repuesto al no presentar las especificaciones correctas, y por no ser originales en muchos casos, generan un mal funcionamiento del sistema de frenos del vehículo aumentando la distancia de frenado, generando ruidos y vibraciones, entre otras fallas.

Una técnica muy frecuentemente empleada en este tipo de investigaciones es la ingeniería inversa, también conocida como retro ingeniería, que se trata de un proceso para obtener información o diseño a partir de un elemento mecánico. A través de este proceso, se analizan detalladamente los componentes y la interacción entre ellos para comprender cómo fueron fabricados estos mecanismos.

El problema de interés en la presente tesis radica en la limitada producción nacional de discos de freno para vehículos livianos, lo que genera una alta dependencia del mercado externo y encarece los costos de mantenimiento automotriz en el país. Esta situación se ve agravada por la falta de iniciativas industriales locales orientadas al diseño, fabricación y comercialización de este componente crítico para la seguridad vial. En este contexto, resulta necesario evaluar la factibilidad técnica, económica y productiva de implementar un proceso de manufactura nacional que permita cubrir parte de la demanda interna, fomentando así la sustitución de importaciones, la generación de empleo y el fortalecimiento del sector autopartista nacional.

1.2. Antecedentes

El procedimiento de fabricación de un disco de freno se lleva a cabo mediante el modelo de fundición, que es una réplica de la pieza con una escala más alta, derivada de la contracción del material y del sobredimensionamiento para el maquinado, que se realiza una vez concluido el disco de frenado. Para ello, se elabora el molde en el que se deposita el colado de hierro nodular, resultante del proceso de fundición del material en un horno inducción. Para finalizar, se llevan a cabo ensayos metalográficos y de tracción

para determinar la calidad del material del disco fundido. Estos ensayos proporcionan valores que establecen la calidad del material, confirmando así que el disco tiene las propiedades requeridas [3].

Para la mejora del paso del aire en un disco de freno de automóvil (prototipo de escala 1:1), se lleva a cabo una disposición geométrica y se comprueba a ciertos niveles de velocidad angular, que son: 941, 841, 741, 641 y 541 rpm. En consecuencia, se consigue optimizar en la región de descarga la velocidad del aire, alcanzando los 0,1151 y 0,2317 m/s a 35 rpm. Esto resalta la relevancia de los diseños de tipo experimental para perfeccionar la geometría de los frenos de disco autoventilados, y así asegurar la eficiencia y seguridad del sistema [4].

Para calcular características químicas, físicas y mecánicas se consideran ensayos de dureza Rockwell, Difracción de Rayos X (XRD), Espectrometría de Dispersión de Energía de Rayos X (EDS) y Microscopia Electrónica de Barrido (SEM). Los hallazgos indican que los mecanismos principales de fallo en la pista de frenado son la aglomeración de materiales, el arado, los agrietamientos y los desechos. Otro elemento es, la presencia de óxidos de hierro, que actúan como un lubricante sólido y, por ende, contribuye a disminuir el desgaste provocado por el contacto mecánico, es confirmada por EDS [5].

La producción de moldes a través de procesos rápidos de prototipado brinda beneficios como la flexibilidad, la adaptabilidad y la generación de geometrías que no se pueden crear de manera simple a través de métodos tradicionales como la eliminación de material. Una de las principales fortalezas de los procesos de prototipado es su gran utilidad para validar los diseños y conseguir prototipos de moldes a un costo reducido y en un breve lapso de tiempo [6].

La utilización de un programa CAD denominado SolidWorks, que simula un modelo tridimensional de la pieza, facilita la realización de un análisis a través de elementos finitos. Esto permite tomar en cuenta diversas geometrías, con distintos grosores o diámetros, y variados materiales existentes, generalmente empleados en la industria de la automoción, contrastando entre sí sus propiedades mecánicas. Al realizar un análisis del comportamiento estructural del componente bajo diversas cargas y temperaturas producidas durante el frenado, se puede entender su rendimiento cuando el diseño se encuentra en condiciones reales [7].

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Estudiar la factibilidad de producción de un disco de freno para vehículos livianos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar en el mercado local el disco de freno de mayor demanda y baja disponibilidad, materiales y procesos de manufactura existentes.
- Diseñar el proceso de manufactura del disco de freno con materiales y maquinaria local.
- Fabricar un prototipo de disco de freno usando técnicas de prototipado rápido.
- Validar el proceso de manufactura seleccionado.

1.4. Justificación

Actualmente en el Ecuador existe una alta demanda de discos de freno, debido a ello es necesario buscar alternativas que permitan abastecer los diferentes almacenes del mercado local y nacional, tomando en cuenta factores importantes para el diseño del disco como son: costos de producción, la adaptabilidad, facilidad de ensamblaje, facilidad de construcción y de mantenimiento.

La consecución de este proyecto de investigación posibilita la implementación de los fundamentos tecnológicos de la ingeniería automotriz, fomentando el progreso de las autopartes automotrices para el caso particular del sistema de frenos. Esto, a través de una guía de soporte que se incorporará a la base de proyectos que continúen incrementando la capacidad productiva del país y reduciendo las importaciones de estos componentes.

Por esta razón en este trabajo se propuso desarrollar el diseño y prototipo de un modelo de disco de freno para un vehículo en específico de marca china, utilizando herramientas computacionales de uso comercial. Lo anterior se efectuó, con la finalidad de proveer una metodología de diseño para este tipo de repuesto que a futuro permita implementar su manufactura en la ciudad de Ibarra, y que también pueda servir de base para desarrollar diseños de discos de freno de otras marcas y modelos de vehículos.

El propósito del desarrollo de este proyecto es brindar un soporte técnico para el desarrollo de la industria automotriz, debido a que la manufactura, adaptación y producción de los discos de freno aportará en el crecimiento económico del país permitiendo cambiar la matriz productiva del mismo.

1.5. Alcance

Con el desarrollo de esta investigación se buscó diseñar un disco de freno para un vehículo de marca china en especial. Para la selección del modelo de disco de freno se tomó como referencia un reporte de ventas desde un punto estratégico; el almacén de ventas de repuesto, que se encuentra en la provincia de Imbabura, específicamente en el cantón Ibarra y que se denomina “MUNDO FRENOS”.

Se seleccionó un disco, según la marca del vehículo y modelo de mayor demanda que existía en el mercado ibarreño, lo cual se determinó mediante la información aportada por el almacén de repuestos previamente mencionado.

En este trabajo se utilizó el proceso de la retro ingeniería (Ingeniería Inversa), se diseñó el modelo de disco seleccionado y se elaboró un prototipo del mismo a fin de validar los resultados del diseño.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco teórico

2.1.1. Definición y función de un disco de freno

Para el sistema de frenado de un vehículo, los discos de frenado son elementos esenciales, ya que brindan la fricción requerida para frenar o disminuir la velocidad del vehículo. Su operación se fundamenta en la fricción entre dos objetos diferentes: las pastillas de freno y el disco. Esto significa que el incremento del roce entre estos provoca la paralización del movimiento del disco, que está sujeto de forma solidaria a la rueda correspondiente [8].

Pueden ser ventilados o macizos, como se muestra en la Figura 1. Los ventilados se emplean cuando se enfrentan a presiones de frenado elevadas, cuentan con ranuras radiales en todo su interior para simplificar la expulsión del calor y prevenir el sobrecalentamiento del sistema de frenado. También se puede encontrar discos ventilados perforados, esto ayuda mejorar su refrigeración y aligerar el peso:



Figura 1. a) Disco ventilado, b) Disco macizo, c) Disco perforado

Fuente: Adaptado de [9].

2.1.2. Esfuerzos a los están sometidos los discos de frenos

Cuando el vehículo se encuentra en movimiento, sin importar las etapas de frenado, el disco se expone a un esfuerzo mínimo de tipo mecánico en relación al efecto centrífugo a causa de la rotación del disco (Ver Figura 2).

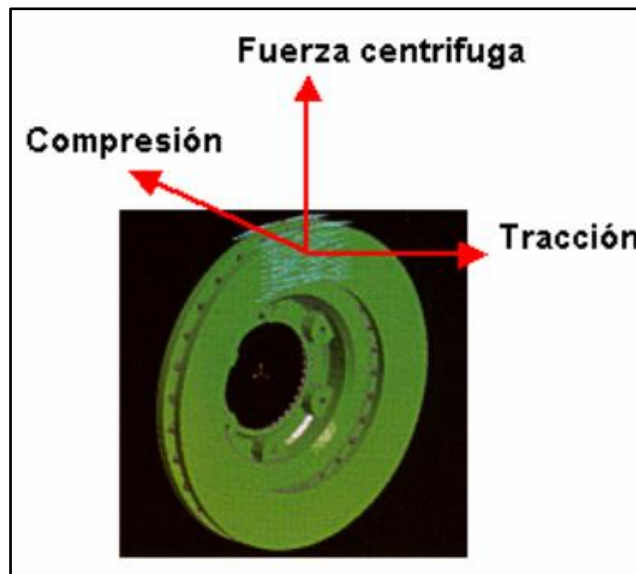


Figura 2. Esfuerzos del disco de freno

Fuente: Adaptado de [10].

Cuando se frena, el disco es sometido a dos nuevas fuerzas: la primera es la de compresión, originada del soporte de las pastillas en sentido perpendicular a la superficie del disco. Esta fuerza generada en el disco representa un esfuerzo de compresión de algunos Newtons/mm², un valor considerablemente bajo para el disco, incluso en estado de calor. La fuerza frenante provocada por el roce de la superficie del disco de la pastilla de freno, resulta en la fundición en un esfuerzo de tracción de 10-20 MPa, que se debe contrastar con la resistencia a la tracción de la fundición, que se estima en aproximadamente 200 MPa. El disco, durante extensos periodos de operación, puede sufrir microfisuraciones que favorecerían la fractura del disco, debido a este tipo de esfuerzo reiterado conocido como fatiga. Además, el disco puede experimentar flexiones que se generan cuando se frena en curvas o asociado con el esfuerzo dinámico que experimenta al este vibrar [10].

Además, existe el esfuerzo térmico que surge de la energía que el vehículo pierde al frenar, manifestándose como calor producido en la interfaz entre el disco y la pastilla. El flujo de calor proporcionado al inicio del frenado es considerablemente elevado, cercano a los centenares de kilovatios. Es una potencia significativa, similar a suministrar a una red en un sistema eléctrico con una potencia de 450 amperios a 220 voltios. De hecho, esta potencia se disminuye de manera lineal hasta cero cuando se mantiene invariable la deceleración. La distribución de los flujos de calor se basa en las propiedades químicas y físicas de los dos materiales (disco y pastilla), por ende, en lo que respecta a las fundiciones, esta conducta es bastante uniforme, pero para los materiales de roce

resulta diferente. No obstante, es significativo que en la mayor parte de las circunstancias, más del 80% del calor que se genera se transfiere al el disco [10].

2.1.3. Componentes de un disco de freno

Normalmente, los discos de freno se producen en fundición gris nodular de grafito laminado, que incluye mineral de hierro entre un 92% a un 93%. En la composición, se incluye además componentes como manganeso y silicio, que aseguran una calidad superior. En situaciones especiales, se producen con carbón. Por ejemplo, en aplicaciones particulares de frenado, es utilizado materiales con una matriz de carbono. Estos discos se emplean en los vehículos de competencia, aunque su inconveniente es su elevado costo de producción. Las aleaciones de aluminio que incluyen carburos de silicio, también podrían tenerse en cuenta, dado que aseguran una significativa disminución de peso, aunque su principal inconveniente es su incapacidad para resistir altas temperaturas [9].

En la Tabla II se presentan los materiales más utilizados a nivel industrial en la fabricación de discos de freno, sus aplicaciones típicas según el tipo de vehículo o condiciones de uso, y su disponibilidad en el medio local, específicamente en la ciudad de Ibarra y en el contexto nacional ecuatoriano. Estos datos permiten seleccionar de forma técnica y estratégica el material más adecuado para procesos de manufactura locales.

Tabla II. Materiales utilizados en los discos de freno

Material del disco	Aplicaciones típicas	Disponibilidad en Ecuador
Fundición gris (grafito laminar)	Vehículos livianos y medianos de uso urbano y comercial.	Alta disponibilidad en talleres de fundición locales.
Fundición nodular (hierro dúctil)	Vehículos de mayor exigencia térmica, SUV y vehículos con sistemas autoventilados.	Moderada, requiere fundiciones con control de composición.
Aleación Aluminio + SiC	Vehículos deportivos o de alto rendimiento; también motocicletas de alto cilindraje.	Baja, no se produce localmente; requiere importación.
Compuestos cerámicos	Vehículos de alto desempeño, competición (F1, autos deportivos).	Muy baja, sólo disponible bajo importación especializada.
Carbono-carbono	Aeronáutica, autos de competición, trenes de alta velocidad.	No disponible en el país; uso exclusivo en aplicaciones especiales.

Acero inoxidable mecanizado	Uso en condiciones de alta humedad o corrosión (motocicletas, frenos especiales).	Baja, se requiere mecanizado local con acero importado.
------------------------------------	---	---

Nota: Disponibilidad de discos de freno basada en inventarios de proveedores locales y entrevistas con talleres automotrices en Ibarra durante el período 2023–2024.

Fuente: Adaptado de [9].

Se observa que la fundición gris, también conocida como hierro fundido con grafito laminar, continúa siendo el material de mayor uso en vehículos livianos y de uso urbano debido a su bajo costo, buena conductividad térmica y aceptable resistencia al desgaste. Su alta disponibilidad en talleres de fundición locales la convierte en el material más viable para procesos de manufactura nacional. En cambio, la fundición nodular, que ofrece mayor resistencia mecánica y tenacidad frente a esfuerzos térmicos, es utilizada principalmente en vehículos utilitarios, SUV o con frenos ventilados. Su disponibilidad es moderada, ya que requiere control metalúrgico más preciso en el proceso de fundición.

Por otro lado, los materiales como aleaciones de aluminio con carburos de silicio (Al-SiC) y los compuestos cerámicos muestran ventajas notables en cuanto a reducción de peso y capacidad de disipación de calor, siendo utilizados en vehículos de alto rendimiento o de competición. Sin embargo, estos materiales presentan baja o nula disponibilidad en el medio local, lo que limita su uso a contextos importados o prototipado experimental. Además, materiales avanzados como el carbono-carbono o el acero inoxidable mecanizado presentan aplicaciones muy específicas, generalmente fuera del alcance del entorno nacional por sus altos costos de producción y limitaciones tecnológicas. No obstante, se incluyen en el análisis para establecer una referencia comparativa de tecnologías disponibles en mercados internacionales.

2.1.4. Forma de un disco de freno

Algunos discos mantienen geometrías planas y circulares, siendo la banda la superficie donde ocurre la fricción del material de roce, Figura 3. Está diseñada de modo que la potencia específica producida no sea muy alta. El cálculo de las dimensiones se basa en un valor de 230 vatios por cm^2 de pista, sin embargo, este valor puede fluctuar significativamente en periodos en el que el disco está altamente ventilado, alcanzando los 623 vatios/ cm^2 .

La fijación es otra de las funciones, asegurada por la parte central del disco y formada por un orificio circular que permite centrar la rueda en el eje, así como por algunos orificios ubicados en redondo que facilitan el montaje y paso de los tornillos de

fijación en el buje, además de los espárragos de fijación de la rueda. La mayor parte del calor generado al frenar se traslada al disco. Dado que el disco no puede guardarlo de manera infinita, es necesario hallar un método para dispersarlo.

El método más simple consiste en llevar a cabo una circulación de aire que, al interactuar con el disco, haga que conserve su temperatura en niveles adecuados para preservar su integridad. Por lo tanto, el disco cumple dos funciones adicionales: provocar el desplazamiento del aire como el rotor de un ventilador centrífugo y, simultáneamente, funcionar como un intercambiador de calor similar a un radiador.

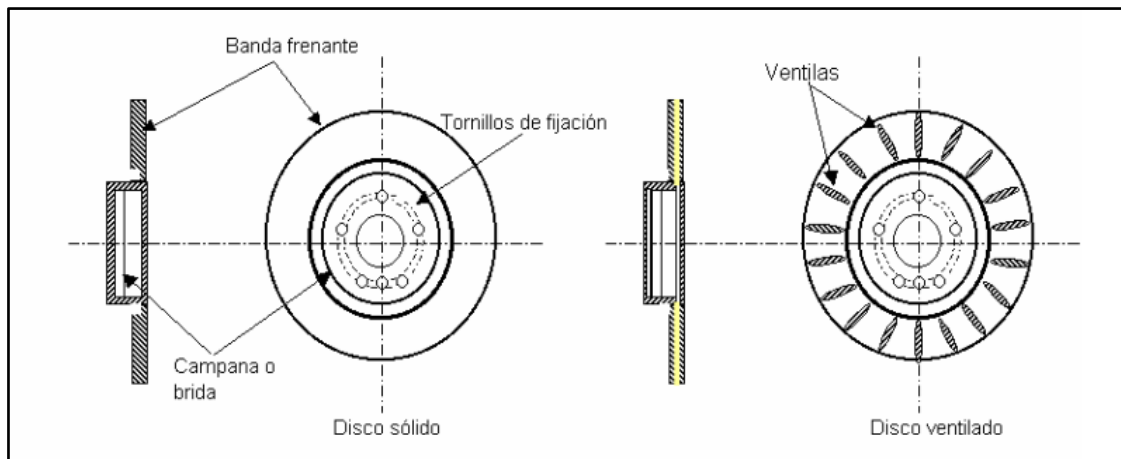


Figura 3. Bandas del disco de freno.

Fuente: Adaptado de [10]

Cuando la energía térmica se incrementa al frenar, la superficie de un disco sólido ya no basta, sería necesario incrementarlas. Una alternativa es aumentando la radio del disco, no obstante, esto pronto sería inadecuado con las dimensiones de las ruedas. Es posible aumentar el número de discos, como ocurre en ciertos vehículos pesados o especiales, aunque se puede incrementar considerablemente la complejidad del sistema de frenado.

La decisión adoptada por consenso es el disco ventilado. De hecho, este corresponde a un disco doble compuesto por dos placas que se encuentran separadas por puentes metálicos que aseguran su conexión, incluso permitiendo el paso del aire. Solo las superficies externas son sujetas a los efectos de roce. El enfriamiento se produce no solo en los lados exteriores (tal como se presenta en el disco repleto), sino además se presenta en los lados interiores. El ingreso del aire se realiza tanto por un lado como por el otro en relación a la campana, pero para una ventilación efectiva, generalmente se opta

por el lado contrario de la campana. En realidad, la existencia de la rueda impide la entrada del aire exterior [9].

2.1.5. Diseño de discos de freno

Un diseño adecuado de los discos de freno es esencial para garantizar un rendimiento óptimo del sistema de frenado, así como para mejorar la seguridad y la durabilidad del vehículo. El diseño de un disco de frenos implica considerar varios aspectos importantes para garantizar su funcionamiento efectivo y seguro [11]. Aquí algunos puntos clave a tener en cuenta en el diseño de un disco de frenos:

2.1.5.1. Consideraciones en el proceso de diseño del disco de freno:

- **Capacidad de disipación de calor:** Los discos de freno deben tener la habilidad de disipar de manera eficaz el calor que se produce en el proceso de frenado para prevenir el sobrecalentamiento y la disminución de la eficiencia del frenado [12].
- **Resistencia y durabilidad:** Deben ser lo suficientemente resistentes y duraderos para soportar las altas temperaturas, las fuerzas y las condiciones de funcionamiento extremas a las que están expuestos durante la frenada [13].
- **Compatibilidad con otros componentes:** Es necesario diseñar los discos de freno de forma que sean compatibles con otros elementos del sistema de frenado, tales como las pastillas de freno y las pinzas de freno [13].
- **Dimensiones:** El diámetro exterior, el espesor y el diámetro interior del disco de frenos deben ser diseñados para adaptarse a las especificaciones del sistema de frenado del vehículo [13]. Estas dimensiones están relacionadas con el tamaño y la masa del vehículo, así como con las características de frenado requeridas (Figura 4).



Figura 4. Dimensiones del disco de freno Jetour X70.

Fuente: Adaptado de [14].

- **Ventilación:** Los discos de frenos suelen tener ranuras, orificios o aletas para permitir una mejor ventilación. Esto ayuda a disipar el calor generado durante el frenado, evitando el sobrecalentamiento y el deterioro prematuro del disco [13].
- **Superficie de fricción:** La superficie de fricción del disco de frenos debe ser diseñada de manera que proporcione una fricción adecuada y consistente con las pastillas de freno. El diseño de la superficie puede variar, con opciones como surcos, ranuras o un acabado liso [13].
- **Peso:** El diseño del disco de frenos debe equilibrar la resistencia estructural con el peso total del conjunto. Un disco demasiado pesado puede afectar negativamente la eficiencia del sistema de frenado y el rendimiento general del vehículo [13].

2.1.6. Proceso de fabricación de discos de freno:

- **Prediseño:** En esta etapa se lleva a cabo una simulación del disco Figura 4, seleccionando las geometrías y composiciones de material más apropiadas, en función del vehículo que utilizará el disco a diseñar [14].
- **Simulación de colada:** Esta etapa es crucial para verificar el procedimiento de fundición de la Figura 5. Aplicando un programa informático para la mejora del proceso de colación. Para una geometría de disco específica, se pueden diseñar los utillajes de producción de manera que se consiga la

velocidad de llenado correcta, sin poros ni puntos fríos, y con un índice de solidificación apropiado [14].

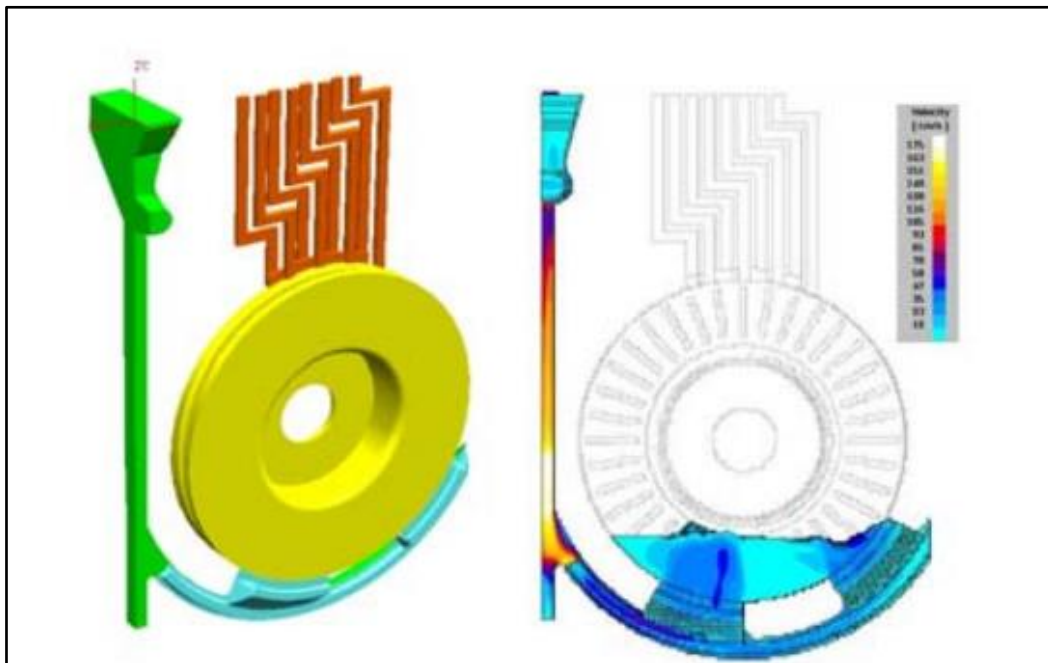


Figura 5. Modelo y velocidad de colado de un disco de freno.

Fuente: Adaptado de [14].

- **Colada:** El procedimiento inicia con la fundición del material seleccionado, usualmente hierro fundido, en moldes para lograr la forma y tamaño requeridos del disco. Factores como las variables de la colada, las velocidades de enfriamiento, la presencia de inoculantes o la microestructura del material, ejercen un significativo impacto en la dureza, el desgaste, la ondulación superficial, las tensiones residuales, la producción posterior de ruido o el agrietamiento térmico, entre otros aspectos [14].
- **Mecanizado:** Los discos son mecanizados para eliminar imperfecciones y conseguir una superficie de frenado suave y uniforme. En esta etapa de mecanizado, los valores de los parámetros geométricos del disco (alabeo, fluctuaciones en el espesor y ondulación de las pistas de fricción) tienen un impacto en la fase de mecanizado. Es necesario regular los valores numéricos de estos defectos de mecanizado para prevenir inconvenientes futuros durante el funcionamiento del freno, como la producción de ruido y vibraciones, el deterioro no uniforme, cambios en las condiciones de fricción, entre otros [14].

- **Tratamiento térmico:** En esta etapa, los discos son sometidos a tratamientos térmicos específicos para incrementar su resistencia y durabilidad. Una validación crucial es verificar que los resultados de temperatura sean constantes, tanto en simulaciones como en pruebas experimentales con dinamómetro [14], tal como es mostrado en la Figura 6.

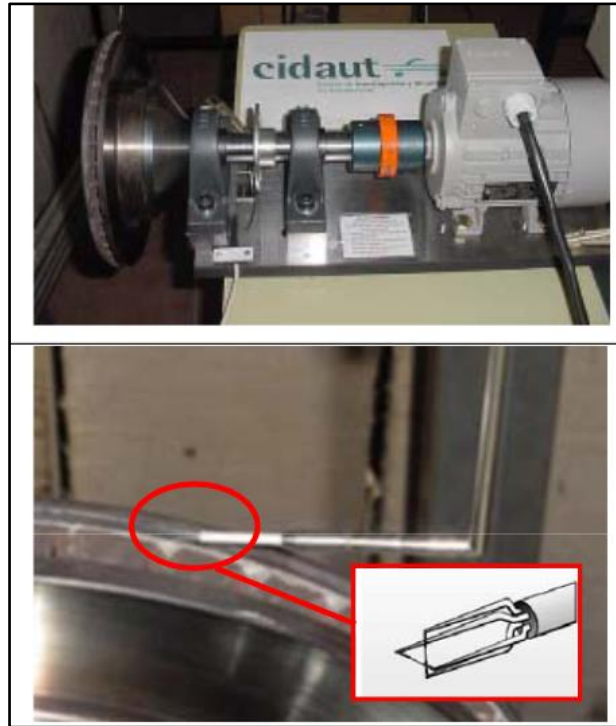


Figura 6. Variables de fluido mecánicas.

Fuente: Adaptado de [14].

- **Pruebas y controles de calidad:** Los discos de freno se someten a pruebas rigurosas para garantizar que cumplan con los estándares de rendimiento y calidad que se requieren. Estas pruebas se deben realizar buscando diversidad, en otras palabras, intentando probar los discos en diversas situaciones, con el objetivo de replicar las distintas condiciones de operación reales del disco. La mayoría de estas evaluaciones pueden llevarse a cabo en un banco de pruebas dinamométricos. Este banco especial es un recurso valioso para analizar el desempeño de sistemas de frenado bajo diversas circunstancias; estos ensayos sobre dinamómetro representan una alternativa frente a los ensayos en vehículo [14], así como se exhibe en la Figura 7.

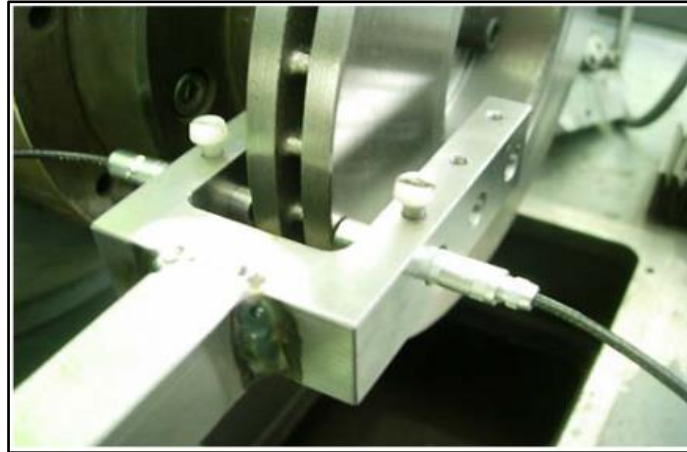


Figura 7. Medidas de los parámetros geométricos.

Fuente: Adaptado de [14].

- **Dureza Brinell:** Como se exhibe en la Figura 8, los valores promedios para fundición grises de alta resistencia es de 200 a 260 HB, constituidas por ferrita + perlita + grafito [15].

Material	Dureza Brinell, HB					Promedio
	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Medida 5	
FCL	149	143	143	143	140	143 ± 3
FPM	163	159	156	149	146	154 ± 7
FTJ	156	156	179	165	163	163 ± 9
FMZ	170	170	179	167	165	170 ± 5
FMX	187	192	192	197	197	193 ± 4
FDZ	197	187	187	197	197	193 ± 5
FHZ	192	192	197	207	197	197 ± 6
IMT	192	192	192	212	207	199 ± 10
FDA	197	217	212	197	197	204 ± 10
FBD	207	207	207	217	207	209 ± 5
FAH	229	229	235	229	229	230 ± 3

Figura 8. Dureza Brinell de las fundiciones.

Fuente: Adaptado de [15].

- **Fundición:** este proceso es ampliamente documentado en la fabricación de discos de freno, existen otros métodos de manufactura que han sido desarrollados y aplicados en función de los avances tecnológicos y las exigencias del mercado automotriz. No obstante, es importante comprender a fondo las etapas que componen el proceso de fundición tradicional, ya que este sigue siendo el método más extendido a nivel mundial. El proceso de fundición para fabricar discos de freno, inicia con la colada, que consiste en el vertido del metal fundido (generalmente hierro fundido gris o nodular) en un molde, el cual ha sido previamente diseñado para compensar la contracción

del material durante el enfriamiento. Una vez solidificado, el disco pasa por una etapa de mecanizado o rectificación, donde se eliminan irregularidades superficiales, se ajustan las dimensiones y se logra el acabado requerido en las pistas de fricción. Finalmente, se aplica un tratamiento térmico, normalmente de tipo recocido o normalizado, con el fin de eliminar tensiones internas, mejorar la estabilidad térmica y garantizar la durabilidad del componente en condiciones operativas exigentes.

- **Laminado en caliente:** la evolución tecnológica ha permitido desarrollar métodos alternativos de fabricación, los cuales buscan mejorar el rendimiento de los discos, optimizar procesos y reducir costos de producción en ciertas aplicaciones. Uno de estos métodos es el laminado en caliente, el cual consiste en conformar el disco a partir de una lámina metálica (generalmente acero aleado) que se somete a deformación plástica a altas temperaturas. Este proceso mejora las propiedades mecánicas del material gracias a una orientación controlada de los granos, incrementando la resistencia a la fatiga térmica. Aunque poco común en discos de freno convencionales, el laminado es empleado en aplicaciones específicas como motocicletas y frenos industriales [12].
- **Mecanizado completo:** este es otro método cada vez más utilizado en el mecanizado completo desde bloques sólidos, que implica fabricar el disco a partir de un bloque macizo metálico mediante técnicas de control numérico computarizado (CNC). Este proceso permite una precisión dimensional superior y un mejor control sobre la geometría del disco, lo que resulta ideal para prototipos o para discos de alto rendimiento. Sin embargo, dispone de una eficiencia baja en el empleo del material y altos costos por unidad, por lo que su aplicación está limitada a producciones de bajo volumen [14].
- **Sinterizado:** utilizado para la fabricación de discos cerámicos o de matriz metálica reforzada con fibras. En este método, los polvos metálicos o cerámicos son compactados y luego tratados térmicamente a temperaturas inferiores al punto de fusión, obteniendo así una pieza con alta densidad y propiedades térmicas superiores. Este tipo de discos se emplea principalmente en automóviles de alto rendimiento, como los de Fórmula 1 o vehículos deportivos de lujo, debido a su excelente comportamiento ante temperaturas extremas, aunque su fabricación es compleja y costosa [15].

- **Procesos híbridos:** algunos fabricantes combinan colada con técnicas de soldadura por fricción o unión láser, especialmente en discos de freno de dos piezas (pista de fricción + campana). Esta estrategia permite optimizar el rendimiento térmico del disco manteniendo la rigidez estructural en la parte central, siendo cada vez más común en aplicaciones de gama alta [15].

La selección del proceso de fabricación debe considerar factores como el material del disco, la geometría requerida, el volumen de producción y la disponibilidad tecnológica local. En el contexto ecuatoriano, la fundición continúa siendo la alternativa más factible en términos técnicos y económicos, mientras que las alternativas presentan un futuro prometedor a medida que se fomenten capacidades industriales de vanguardia.

2.1.7. Software para diseñar discos de frenos

Existen varios softwares de diseño y simulación que se pueden utilizar para diseñar discos de frenos:

- **CATIA:** Es un software de diseño asistido por ordenador o computadora que se emplea en varias industrias, entre ellas la automovilística. Es una herramienta potente y completa que ofrece capacidades avanzadas de diseño y simulación para el diseño de discos de frenos [11].
- **SOLIDWORKS:** Es otro software de diseño CAD utilizado ampliamente en la industria. Proporciona herramientas de modelado 3D y simulación que permiten el diseño de discos de frenos y la evaluación de su rendimiento [6].
- **ANSYS:** Es un conjunto de programas de simulación de ingeniería que se emplea en una extensa variedad de usos. Ofrece capacidades avanzadas de análisis y simulación estructural que permiten evaluar el rendimiento de los discos de frenos y optimizar su diseño [12].
- **AUTOCAD:** Es un programa informático de diseño asistido por ordenador, muy empleado en diversas industrias. Aunque es más conocido por su uso en el diseño arquitectónico, también se puede utilizar para el diseño de discos de frenos [4].

2.1.8. Prototipado rápido en 3D

Actualmente, en el sector automovilístico se utiliza un método de investigación, desarrollo y aprobación a través de la impresión en 3D. Este procedimiento es más ecológico y rápido en términos de diseño de prototipos. Se cree que este método va

revolucionar al mundo en los próximos años y se va volver todo un fenómeno global. Esta tecnología va llegar a beneficiar a muchos sectores en nuestra sociedad como: los ingenieros, diseñadores, arquitectos, etc., por su alta eficiencia y efectividad que da como resultado bajar los costos y el tiempo de la investigación [16], como se indica en la Figura 9.

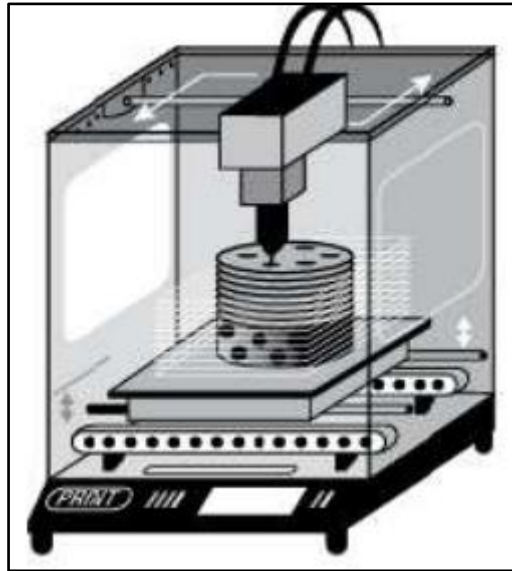


Figura 9. Medidas de los parámetros geométricos.

Fuente: Adaptado de [16].

El reto de la impresión 3D es transformar todas las ideas en objetos físicos, es una poderosa herramienta de creación porque con esta tecnología cualquier persona, en cualquier parte del mundo puede diseñar y crear moldes, patrones, accesorios, plantillas, etc., comúnmente es más usada para el prototipado rápido (RP). Es aquí donde las impresoras 3D son usadas para crear conceptos de modelos y prototipos funcionales. Los conceptos de modelos son diseños más sencillos y prácticos no funcionales de un nuevo diseño de un producto. En conclusión, los prototipos funcionales son más sofisticados, y permiten la forma, medida y función de cada parte del producto ser evaluada antes de ser puesta en producción [16].

2.2. Marco legal

2.2.1. Constitución de la República del Ecuador

En la Constitución de la República del Ecuador, específicamente en el artículo 33 se establece que: el trabajo es un derecho, una obligación social y un derecho económico, un medio para la realización personal y el fundamento de la economía nacional. Por medio

de esta investigación se pretende informar a las personas del sector Industrial las ventajas y desventajas de un proceso de manufactura. con la finalidad que sepan aprovechar las oportunidades que brinda el Estado, impulsando la capacidad competitiva y la productividad para el desarrollo económico.

2.2.2. Acuerdo Ministerial No. MDT-2018-0192

La presente investigación se encuentra sustentada al Acuerdo Ministerial No. MDT-2018-0192, que es una normativa que regula modalidades para el sector manufacturero y software; el cual menciona que:

Por su naturaleza, el sector manufacturero, así como el sector que se encarga del desarrollo y proveer servicios de software son esenciales y representan una actividad que genera de manera significativa puestos de trabajo digno, justos y estables. Por lo tanto, resulta esencial regularlas de manera apropiada y acorde a estas actividades; por lo tanto, dicta las siguientes normas relacionadas con esta investigación:

Por una parte, se tiene el Art. 1.- que especifica que esta regulación tiene como objetivo regular las relaciones laborales que se originan entre los empleadores del sector manufacturero y del sector de desarrollo y servicios de software, con sus trabajadores, en el marco del negocio o área de actividad, teniendo en cuenta el principio de preeminencia de la realidad, la tradición y la singularidad y particularidad de las actividades que se llevan a cabo en dicho sector.

Por su parte el Art. 2, que indica que esta reglamentación rige las relaciones laborales que se originan entre los empleadores del sector manufacturero, tales como textil y confección, alimentos y bebidas, plásticos, metalmecánico, madera y muebles, y cualquier otro vinculado con la industria manufacturera; así como las relaciones laborales que se originan entre los empleadores del sector desarrollo y servicios de software con sus trabajadores, en el contexto del negocio o área de actividad.

2.2.3. Servicio Ecuatoriano de Normalización

Las regulaciones INEN también son un componente de esta investigación, dado que son reconocidas por la sociedad ecuatoriana en la implementación de los procedimientos definidos en el Sistema Ecuatoriano de la Calidad, cumple con las necesidades nacionales en los ámbitos de Normalización, Reglamentación, Metrología y Evaluación de la Conformidad, favoreciendo el incremento de la competitividad, la salud y seguridad del consumidor, el fomento de una cultura de calidad y la preservación del medio ambiente.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Descripción del área de estudio y el grupo de estudio

Para alcanzar las metas de la investigación, el estudio se realizó en la Provincia de Imbabura. El dato para seleccionar los discos de frenos más solicitados en el mercado local, se obtuvo de la información proporcionada en el almacén “MUNDO FRENOS” ubicado en la ciudad de Ibarra. Y el objeto de estudio fue el modelo específico de disco seleccionado de la información proporcionada por esta casa comercial.

3.2. Enfoque y tipo de investigación

Enfoque cualitativo: Porque tiene un enfoque principal en el diseño y prototipado rápido 3D de un disco de freno. Por lo que se propuso un diseño que cumpla con las características dimensionales cumpliendo las necesidades técnicas de ingeniería en cada fase del diseño.

Investigación aplicada: Porque se evaluaron los requerimientos de los usuarios y ofrece una solución concreta a una necesidad del sector automotriz nacional, mediante la evaluación de la viabilidad de producir localmente discos de freno para vehículos livianos. Su propósito no es únicamente generar conocimiento teórico, sino utilizarlo para desarrollar propuestas prácticas que permitan implementar un proceso productivo real, con impacto directo en la industria, la economía y la seguridad vial del país.

Investigación descriptiva, exploratoria y explicativa: Porque se realizó una planificación y procesos de manufactura, que consiste en identificar el disco más comercial a nivel local, se utilizó también elementos y técnicas de prototipado rápido. Por último su fabricación, dando como resultado un producto final apto para su funcionamiento y en un futuro abastecer el mercado nacional.

3.3. Procedimientos

3.3.1. Fase 1: Investigación, proceso y manufactura

a) Archivo Excel, Peticiones

Fue necesario crear un listado en Excel con las marcas de los vehículos chinos, para contabilizar el número de peticiones que los clientes solicitan los discos que no se disponían en stock, como se exhibe en la Tabla III.

Tabla III. Peticiones disco de frenos periodo (julio 2024 – octubre 2024)

MARCA	AÑO	MODELO	POSICIÓN	# PETICIONES
-------	-----	--------	----------	--------------

DFKS	2020 +	GLORY 560	Delantero Posterior
JETOUR	2020 +	X70	Delantero Posterior
CHERY	2020 +	TIGGO 4	Delantero Posterior
JAC	2020 +	T6	Delantero Posterior
SHINERAY	2020 +	SWM G01	Delantero Posterior

Fuente: Generado con base a datos recolectados del diagnóstico

b) Adquisición del disco de freno JETOUR X70 Posterior

- Se adquirió el disco de freno del automóvil de marca china.



Figura 10. Disco de freno comercial.

c) Diagnóstico de dureza

- Se realizó las pruebas de dureza con un durómetro en diferentes del disco, en especial en las zonas de contacto con las pastillas de freno.
- Se tomó datos y valores de las pruebas.

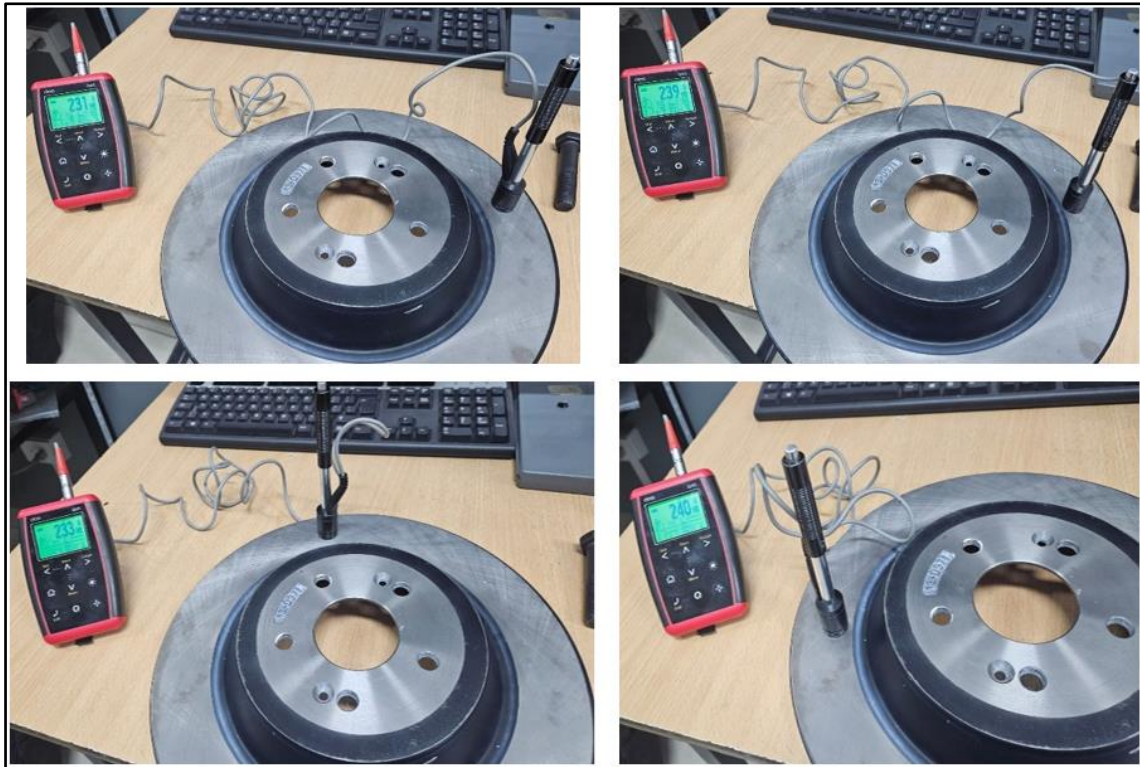


Figura 11. Prueba de dureza del disco de freno comercial

d) Análisis de materiales del disco

- Se extrajo un fragmento del disco para realizar la caracterización del material en el laboratorio ALLPING L&D S.A.S.



Figura 12. Extracción de muestra del disco de freno comercial

3.3.2. Fase 2: Diseño – Proceso y Manufactura

a) Visita de campo Fundidora

- Se visitó la fábrica de servicios mecánicos SMO con el fin de observar los procesos de manufactura.



Figura 13. Visita Fundidora SMO

b) Identificación de áreas y procesos

- Con la guía de un personal de la fábrica se identificó cada una de las áreas de trabajo y los procesos que se realizan en la misma.



Figura 14. Áreas de la fábrica: Arcilla, metales, horno, molde, etc.

3.3.3. Fase 3: Fabricación – Prototipado Rápido

c) Escaneo diseño del disco (SHINING 3D, 14 FPS)

- Se preparó la superficie del disco, para lo cual se utilizó un spray de color blanco mate, esto permite que el reflejo de la luz del escáner sea mayor y luego se crea una nube de puntos (mallas).
- Se fijó los marcadores que son puntos de referencia para poder unir las mallas.
- Con la ayuda de un software CAD se tomó la nube de puntos, para luego unirlos y terminar con la reconstrucción del diseño con sus respectivas dimensiones.
- Con un calibrador pie de rey se verificó que las medidas sean correctas.



Figura 15. Escaneo del disco de freno comercial.

d) Diseño de un prototipo en 3D

- Con la ayuda de un técnico se instaló el programa de diseño (SolidWorks) en la computadora.
- Utilizando las herramientas del programa (SolidWorks) se realizó el diseño del disco de freno, como es mostrado en la Figura 16.

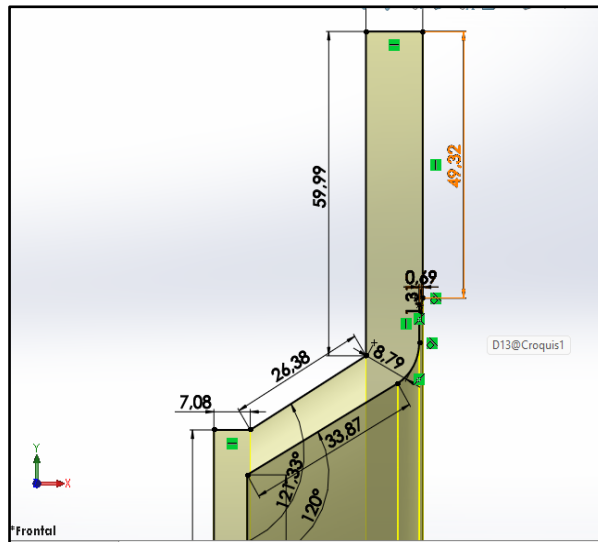


Figura 16. Imagen programa SolidWorks.

e) Moldeo y Ensamblaje del disco de freno

- De igual manera se diseña el molde utilizando las herramientas del programa SolidWorks.

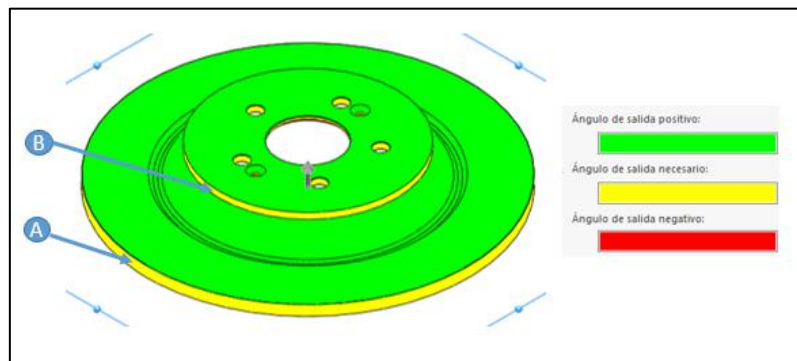


Figura 17. Ángulo de salida

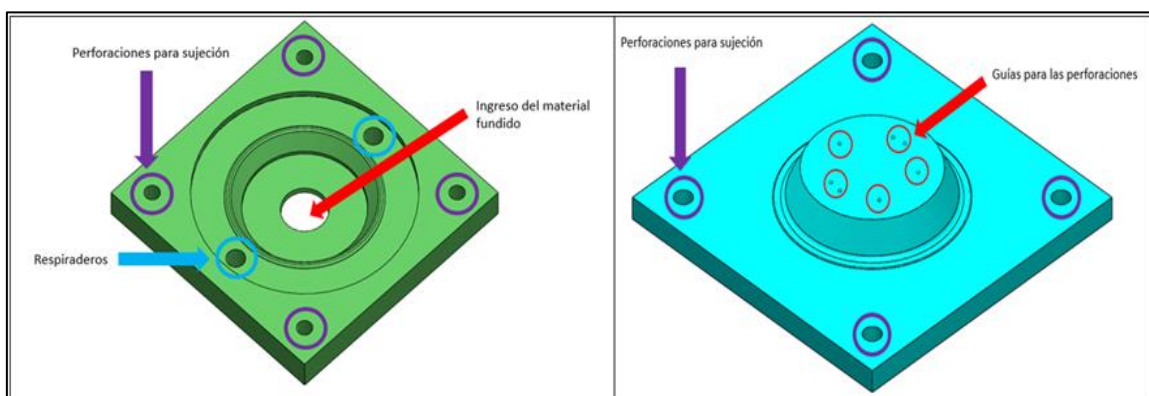


Figura 18. Perforaciones en el disco de freno.

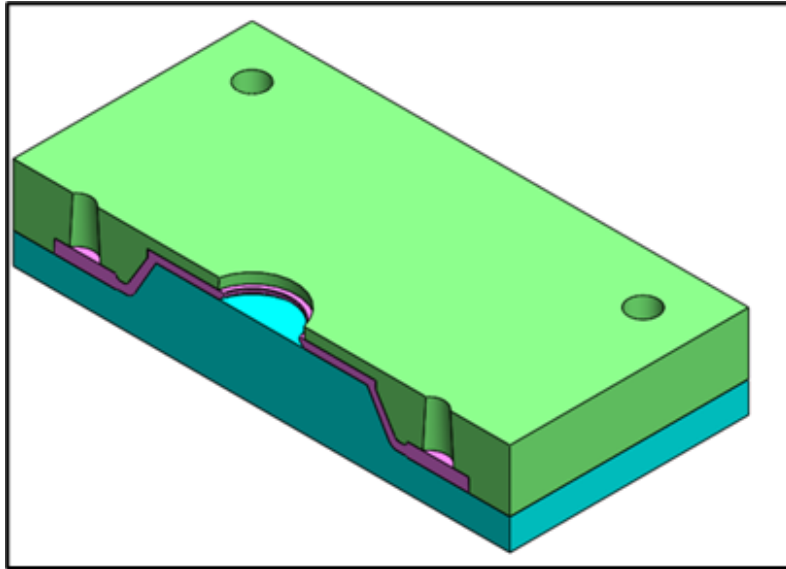


Figura 19. Vista de sección.

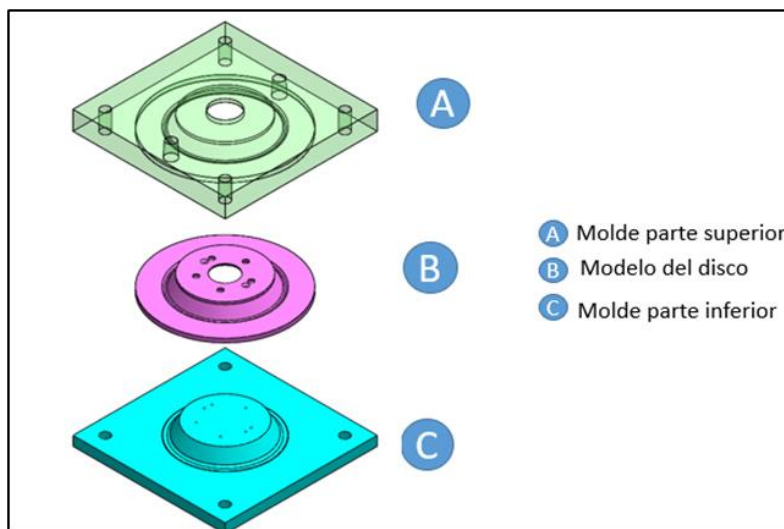


Figura 20. Diseño de molde.

f) Elección del material

Para este proceso se seleccionó la mejor opción del material a utilizar para la impresión del prototipo, filamento marca ESUN.



Figura 21. Material de impresión 3D.

g) Impresión del disco de freno en 3D

La impresión se lo realizó en una máquina de marca (ARTILLERY X2). Con las siguientes características de impresión:

Tabla IV. Características de impresión 3D

Descripción	Valor
Altura de capa	28mm
Líneas de fondo por capa inferior y superior	3
Porcentaje de relleno (patron de relleno líneas)	15%
Tiempo de impresión	28 h
Temperatura cama de impresión	85° C
PLA temperatura de fusion	210° C

Fuente: Laboratorio impresión

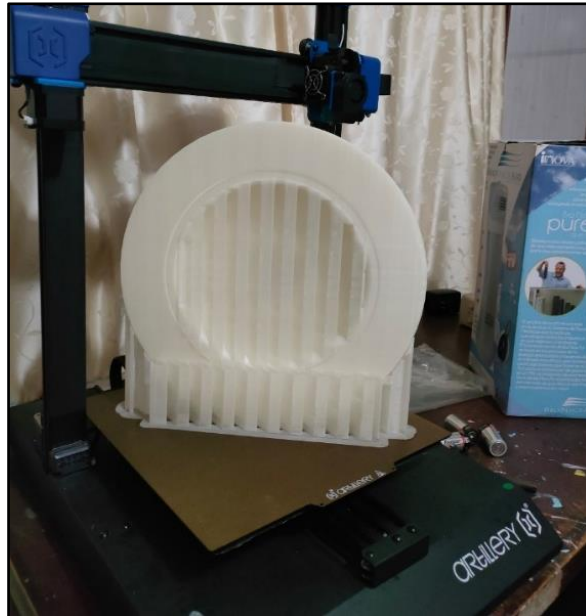


Figura 22. Máquina de impresión 3D.

3.3.4. Fase 4: Validación – Proceso y Manufactura

a) Montaje del disco en el vehículo JETOUR X70 posterior

El montaje se realizó en colaboración con el Tecnicentro 360°. Ubicado en la ciudad de Ibarra, en el sector Los Ceibos.



Figura 23. Taller automotriz Tecnicentro 360.

3.4. Consideraciones bioéticas

La presente investigación está enfocada al diseño, que no involucra a seres humanos y tampoco afectan su forma de vivir. Se trata de buscar herramientas, productos y procesos de modificación de materiales; por tal motivo no se toman en cuenta ningún tipo de consideraciones bioéticas.

Durante el desarrollo de la investigación no intervinieron recursos que afecten el buen vivir de las personas o el medio ambiente, por lo tanto, no se procedió a obtener ningún tipo de permisos pertinentes.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Elección del disco de freno según el reporte “Mundo Frenos”.

Como se muestra en la Tabla V, el disco de freno de mayor demanda es del vehículo de marca china Jetour X70 con 25 solicitudes de discos delanteros y 20 posteriores, en un periodo de 4 meses, esto nos permitió seleccionar el disco a fabricar.

El análisis porcentual de la demanda de discos de freno permite identificar con claridad los modelos y posiciones con mayor frecuencia de solicitud. A partir del total de 143 solicitudes registradas durante el período de estudio, se observa una concentración significativa en ciertas marcas y modelos, lo cual representa una tendencia relevante en el mercado local de repuestos automotrices.

En primer lugar, destaca la marca JETOUR, específicamente el modelo X70, cuya demanda conjunta (delantera y posterior) representa el 31,47 % del total, desglosado en 17,48 % para discos delanteros y 13,99 % para posteriores. Esta proporción representa la demanda más alta entre todos los modelos analizados. Este dato es consistente con la información presentada previamente en la investigación, donde se menciona que Jetour ha liderado las ventas de vehículos livianos de fabricación china en el país, lo que naturalmente incrementa la necesidad de mantenimiento correctivo, como el recambio de discos de freno.

Le sigue en porcentaje los modelos SHINERAY SWM G01 con 17,48 % (15,38 % delantero y 2,10 % posterior), y el DFKS GLORY 560 con un 14,69 % acumulado. En términos de posición, se evidencia una tendencia clara: los discos delanteros tienen mayor demanda que los posteriores, lo cual es coherente con el principio técnico de que el eje delantero soporta una mayor carga dinámica durante el frenado, ocasionando mayor desgaste de sus componentes.

Asimismo, al analizar la disponibilidad local, según el diagnóstico preliminar del mercado realizado en el establecimiento “Mundo Frenos”, se reportó una baja disponibilidad para los discos de freno posteriores del Jetour X70, a pesar de ser el segundo ítem más solicitado (20 solicitudes, 13,99 %). Esto sugiere que, aunque ambos ejes presentan alta demanda, el componente posterior enfrenta una escasez más acentuada, posiblemente debido a su menor rotación comercial o dificultades en la cadena de suministro para este repuesto en particular.

Tabla V. Resultados de Peticiones de discos de frenos (julio 2024 – octubre 2024)

MARCA	AÑO	MODELO	POSICIÓN	# SOLICITUDES	PORCENTAJE
DFKS	2020 +	GLORY 560	Delantero	16	11,19%
			Posterior	5	3,50%
JETOUR	2020 +	X70	Delantero	25	17,48%
			Posterior	20	13,99%
CHERY	2020 +	TIGGO 4	Delantero	8	5,59%
			Posterior	2	1,40%
JAC	2020 +	T6	Delantero	12	8,39%
			Posterior	6	4,20%
SHINERAY	2020 +	SWM G01	Delantero	22	15,38%
			Posterior	3	2,10%

Fuente: Indagación de campo

4.2. Resultados del diagnóstico de dureza

Para determinar la resistencia mecánica del material del disco de freno posterior, se realizaron ensayos de dureza utilizando un durómetro. La muestra fue obtenida directamente del disco comercial adquirido, realizando una preparación superficial adecuada para asegurar lecturas confiables.

El ensayo arrojó un valor promedio de dureza de 135,75 HB (Brinell), como resultado de múltiples mediciones distribuidas en la superficie del disco, tal como se observa en la Figura 11 del documento principal. Aunque este valor se encuentra ligeramente por debajo del rango típico de fundiciones grises nuevas (200–260 HB para Hierro Gris Clase 200 según normas como la NTE INEN 2481 o la ASTM A48), se considera aceptable para componentes sometidos a uso, ya que el desgaste por uso prolongado y las condiciones térmicas pueden reducir la dureza superficial efectiva. De acuerdo a los valores arrojados por el Durómetro se realizó el cálculo del valor promedio de la Dureza del material.

$$HB = \frac{131 + 139 + 133 + 140}{4} = 135.75$$



Figura 24. Medición de dureza.

El valor promedio de fue 135.75, quiere decir que el material del disco está dentro de los valores permitidos para las fundiciones grises.

4.3. Resultados de laboratorio ALLPING L&D S.A.S.

Con el objetivo de validar las propiedades físico-químicas del material del disco de freno posterior del vehículo Jetour X70, se remitió una muestra al laboratorio ALLPING L&D S.A.S. para la realización de ensayos de composición química por espectrometría y análisis microestructural mediante metalografía, siguiendo estándares internacionales.

Según los valores obtenidos, el material corresponde a una fundición gris tipo Clase 200, de acuerdo con los parámetros que se especifican en la norma NTE INEN 2481. Esta clase de fundición es ampliamente utilizada en la fabricación de componentes sometidos a cargas térmicas y mecánicas moderadas, como discos de freno de vehículos livianos, debido a su bajo costo, buena colabilidad y conductividad térmica adecuada.

Tabla VI. Composición química

Elemento	Contenido (%)
Carbono (C)	3,347
Silicio (Si)	1,739
Manganeso (Mn)	0,511
Fósforo (P)	<0,003
Azufre (S)	0,016
Cromo (Cr)	0,141
Níquel (Ni)	0,029
Cobre (Cu)	0,021
Aluminio (Al)	0,0025
Hierro (Fe)	Balance ($\approx 94,12$)

Fuente: resultados del análisis

El análisis de la composición química del disco de freno posterior del vehículo Jetour X70, realizado mediante espectrometría de emisión óptica (OES) por el laboratorio ALLPING L&D S.A.S., permitió identificar los principales elementos constituyentes del material y sus concentraciones en porcentaje en masa. El elemento predominante es el hierro (Fe), con un contenido aproximado del 94,12 %, lo que confirma que se trata de una aleación ferrosa típica. El carbono se encuentra en una proporción del 3,347 %, valor característico de las fundiciones grises, favoreciendo la formación de grafito laminar, esencial para la disipación térmica en aplicaciones de frenado.

El silicio, con un contenido de 1,739 %, actúa como agente grafitizante, promoviendo la nucleación de grafito durante el proceso de solidificación y mejorando la conductividad térmica del material. El manganeso, presente en un 0,511 %, contribuye a la resistencia mecánica general de la aleación y a la neutralización del azufre. Este último, junto con el fósforo, se encuentra en niveles bajos (<0,016 % y <0,003 % respectivamente), lo cual es favorable, ya que evita la formación de fases frágiles o estructuras no deseadas que puedan comprometer la integridad del componente.

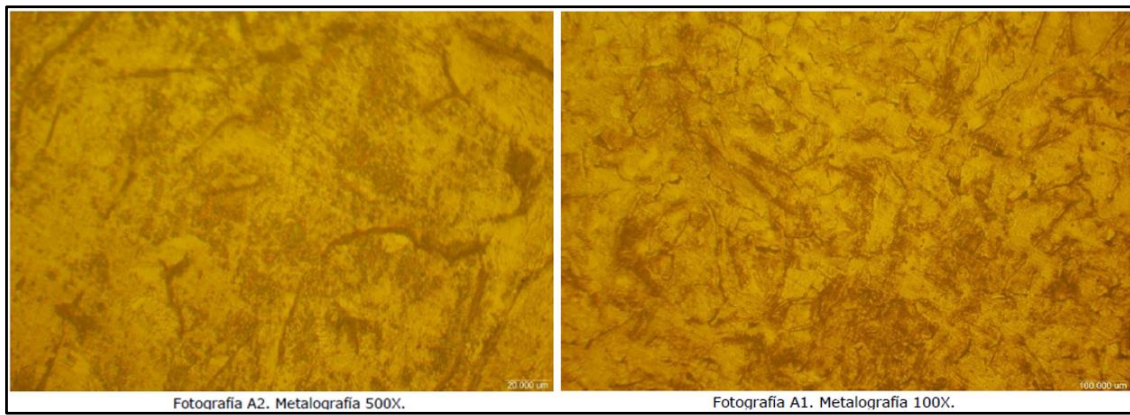


Figura 25. Ensayo de Metalografía ASTM E45.

Otros elementos como el cromo (0,141 %), níquel (0,029 %), cobre (0,021 %) y aluminio (0,0025 %) aparecen en concentraciones menores, pero aportan propiedades complementarias como mayor resistencia al desgaste y a la corrosión, así como estabilidad térmica. En conjunto, la presencia equilibrada de estos elementos confirma que el material corresponde a una fundición gris laminar Clase 200, conforme a la norma NTE INEN 2481. Esta clase de fundición es adecuada para la fabricación de discos de freno, ya que combina buena maquinabilidad, resistencia al desgaste y capacidad de disipar calor, bajo condiciones de frenado exigentes.

4.4. Imágenes del disco de freno seleccionado “Software CAD”.

Durante el proceso de diseño del disco de freno posterior del vehículo Jetour X70, se utilizaron herramientas de modelado tridimensional en el software CAD para generar un prototipo virtual con dimensiones precisas. Este diseño permitió establecer con claridad las cotas geométricas fundamentales necesarias para su posterior manufactura. A través del modelado CAD se obtuvo una visualización detallada tanto de la cara interna como de la externa del disco, permitiendo analizar su funcionalidad y compatibilidad con el sistema de frenos original del vehículo. En la Figura 26 se obtiene las imágenes después de realizar diseño en el programa elegido, en cual nos proporciona la información detallada para el proceso de fabricación del disco de freno.

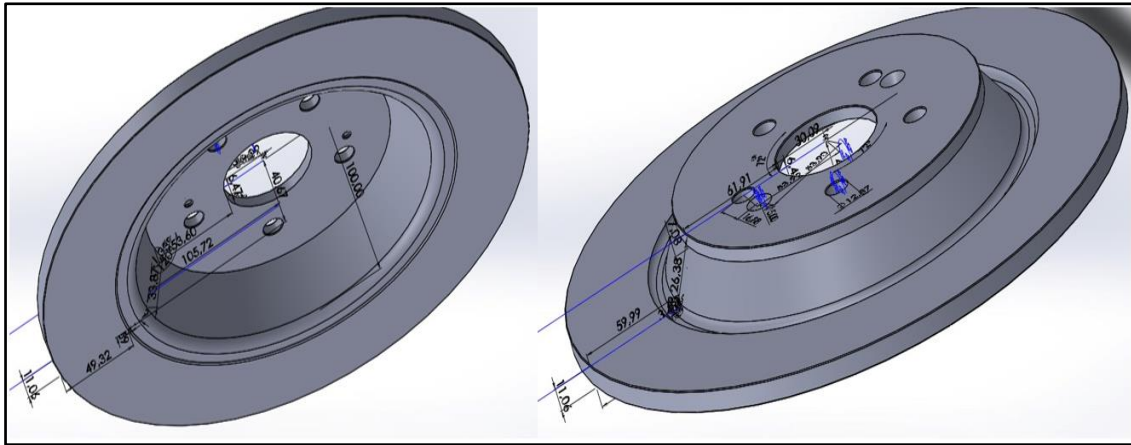


Figura 26. Dimensiones Disco de freno

En la vista correspondiente a la cara interna del disco, se identificaron elementos clave como el diámetro del orificio central de acople, que fue de 40,67 mm, y el diámetro de apoyo del buje, de 105,72 mm, valores fundamentales para el correcto centrado y montaje del disco en el eje posterior. Asimismo, se observaron los orificios de fijación distribuidos de forma simétrica, que permiten una adecuada sujeción con la campana o el tambor. La altura total desde la base hasta el plano de fricción fue de 49,32 mm, y el espesor de la pista de freno se estimó en 11,04 mm, lo cual garantiza la rigidez estructural necesaria durante las frenadas.

En la segunda vista, correspondiente a la cara externa del disco, se detallaron otras dimensiones funcionales, como el diámetro del asiento de rueda (61,91 mm) y la altura del tambor (59,99 mm). Se evidenció también una inclinación cónica en la base interior con un ángulo de 26,38°, diseñada para facilitar la disipación de calor generado por la fricción entre las pastillas y el disco. Esta geometría, además de cumplir funciones térmicas, permite reducir masa innecesaria, contribuyendo a un mejor balance del conjunto giratorio.

Ambas vistas del diseño permiten verificar la fidelidad geométrica del modelo respecto al componente original, lo cual es esencial para asegurar un montaje adecuado, evitar interferencias y permitir un correcto funcionamiento del sistema de frenado. En conjunto, estos resultados constituyen la base técnica para la elaboración del molde de fundición y la futura producción del prototipo físico del disco de freno, validando que el diseño cumple con los requerimientos funcionales del vehículo Jetour X70.

4.5. Obtención del “Prototipo” y verificación de las medidas geométricas.

Una vez culminadas las etapas de diseño, escaneo y modelado digital del disco de freno posterior para el vehículo Jetour X70, se procedió con la obtención del prototipo físico mediante tecnología de impresión 3D. Este proceso representó una fase crítica para la validación dimensional y geométrica del diseño virtual previamente elaborado en el software CAD.

El material seleccionado para la impresión fue proporcionado por la marca ESUN, reconocida por su calidad y estabilidad térmica en procesos de prototipado rápido, mientras que la fabricación del modelo se realizó utilizando una impresora 3D de la marca ARTILLERY X2, equipo adecuado para piezas de geometría compleja y tamaño medio. El resultado de este proceso fue un prototipo a escala real (1:1), cuya fidelidad permitió verificar en detalle las dimensiones geométricas esenciales del disco, tales como diámetros, alturas, espesor y disposición de orificios.

La verificación se llevó a cabo mediante comparaciones directas con el disco original adquirido, utilizando instrumentos de medición de precisión como calibradores y micrómetros. Se comprobó que el modelo impreso reproducía con exactitud las cotas críticas del diseño, incluyendo el diámetro del buje, la posición de los orificios de fijación y la altura total del disco. Asimismo, se confirmó que la geometría del asiento cónico, con su ángulo específico, fue correctamente replicada, validando la viabilidad del diseño para su posterior fabricación en materiales metálicos. Esta validación dimensional no solo permitió ratificar la exactitud del diseño digital, sino que también ofreció una herramienta física para evaluar el ajuste en el sistema de frenos del vehículo real, anticipar posibles interferencias y facilitar la comunicación técnica entre los involucrados en la manufactura del molde. En consecuencia, la obtención del prototipo mediante impresión 3D constituyó una etapa clave para asegurar que el modelo geométrico respondiera fielmente a las condiciones de instalación y funcionamiento requeridas en un entorno operativo real. Después de cumplir cada proceso que involucra en la fabricación de un disco de freno, finalmente se logra el prototipo que se muestra en la Figura 27, el cual sirvió para la verificación de las medidas geométricas respectivas con el disco de freno real y sacar conclusiones de las mismas.

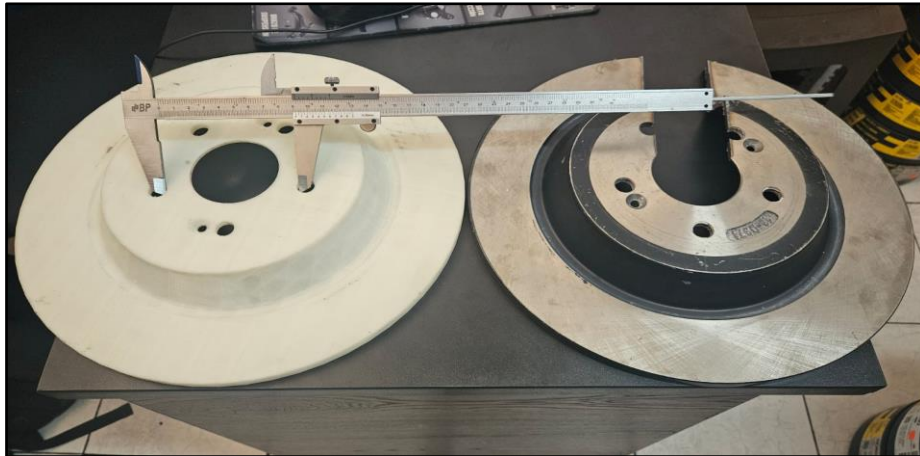


Figura 27. Imagen prototipo disco de freno 3D.

4.6. Evaluación del proceso de manufactura.

La evaluación del proceso de manufactura del disco de freno posterior para el vehículo Jetour X70 fue abordada desde una perspectiva integral que consideró tanto los aspectos técnicos del desarrollo como el análisis económico de producción Tabla VII. El proceso contempló fases sucesivas de diseño, validación y prototipado, culminando en una propuesta de fabricación viable a escala nacional, sustentada en tecnologías disponibles en el entorno ecuatoriano.

Desde la perspectiva técnica, el proceso de manufactura se basó en la técnica de fundición con hierro gris laminar (fundición Clase 200), cuya selección fue validada mediante ensayos metalográficos y análisis químico realizados por el laboratorio especializado ALLPING L&D S.A.S. El material presentó una composición típica con 3,347 % de carbono y 1,739 % de silicio, elementos esenciales para una buena conductividad térmica y resistencia mecánica moderada, propiedades indispensables en componentes sometidos a cargas térmicas cíclicas como los discos de freno. El valor promedio de dureza obtenido (135,75 HB) también confirmó la adecuación del material al uso automotriz liviano, pese a su desgaste natural como componente usado.

En lo concerniente a la manufactura propiamente dicha, el diseño digital del componente se desarrolló en SolidWorks, lo que permitió obtener planos de alta precisión que sirvieron como base para el molde y posterior prototipado en impresión 3D. Esta fase permitió verificar las dimensiones funcionales del disco; como el diámetro del buje (105,72 mm), el espesor de pista (11,04 mm) y la inclinación cónica del asiento (26,38°); asegurando la compatibilidad con el sistema de frenos original del vehículo.

La validación geométrica del modelo físico, impreso con tecnología 3D y materiales de marca ESUN, corroboró que el diseño digital era fiel al componente real,

lo que habilita la siguiente etapa de manufactura metálica con alta confiabilidad. Este modelo también facilitó la verificación del montaje en el vehículo, asegurando su operatividad.

Tabla VII. Costo promedio de producción

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo total (USD)	Precio unitario (USD)	Fuente
1. Hierro gris (materia prima)	Fundición gris tipo Clase 200	50 unidad	2.540	50,80	Proforma Servicios Mecánicos
2. Diseño CAD en SolidWorks	Modelado tridimensional del disco	1 unidad	77	77	Estimación basada en horas/técnico
3. Impresión 3D del prototipo	Material PLA marca ESUN + uso de impresora ARTILLERY X2	1 unidad	95	95	Costo estimado de prototipado
4. Ensayo de dureza Brinell	Medición de dureza superficial del disco usado	1 prueba	15	15	Estimación estándar técnica
5. Análisis de laboratorio	Espectrometría + metalografía del disco (ALLPING L&D S.A.S.)	1 servicio	286,35	286,35	Factura
6. Disco modelo	Disco de freno comercial	1 unidad	10	10	Factura
Total costo promedio				534,15	

La Figura 28 muestra el diagrama de proceso correspondiente a la elaboración del disco de freno destinado al vehículo Jetour X70. Este diagrama ilustra secuencialmente cada una de las fases fundamentales involucradas en el desarrollo del disco, iniciando con la selección del modelo del disco a fabricar, basado en datos del mercado proporcionados por el almacén Mundo Frenos. A continuación, es descrito el proceso de adquisición y preparación inicial del disco comercial, incluyendo pruebas preliminares de dureza y materiales que aseguran la viabilidad para el proceso posterior.

4.7. Análisis financiero.

El análisis económico del proyecto para la producción de discos de freno posteriores del vehículo Jetour X70 revela un escenario de factibilidad moderada, sustentado en un modelo de manufactura local a pequeña escala. La unidad de análisis corresponde a un disco de freno con un volumen de producción estimado en 120 unidades por año, valor que permite validar el proceso industrial sin requerir una infraestructura de gran escala.

En la Tabla VIII se presenta la inversión inicial requerida para el proyecto de fabricación de discos de freno para vehículos livianos contempla aspectos fundamentales como servicios técnicos y adquisición de activos esenciales. Los costos incluyen servicios de escaneo 3D de prototipo (USD 50) y el equipo de impresión 3D (USD 300), esenciales para asegurar precisión y compatibilidad del diseño. También se considera la adquisición de una licencia del software CAD (USD 25), necesaria para el diseño digital, además del mobiliario básico que incluye sillas, escritorio y percha metálica (USD 185), proporcionando condiciones óptimas para las operaciones administrativas y técnicas. Adicionalmente, se incorporan instrumentos técnicos vitales para garantizar la calidad del producto, tales como durómetro y calibrador, cuyo valor conjunto es de (USD 27). Finalmente, se destinan recursos para suministros de papelería y materiales de aseo (USD 15) destinados a mantener condiciones higiénicas adecuadas en las áreas operativas. La inversión inicial total asciende a USD 1.202, distribuida estratégicamente para facilitar una implementación efectiva del proyecto, asegurando así la calidad y viabilidad técnica del producto final.

Tabla VIII. Inversión inicial

Categoría	Detalle del Activo o Gasto	Q	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Activo	Impresora 3D marca ARTILLERY X2	1	300	300
Activo	Computadora para diseño 3D	1	600	600
Activo intangible	Software CAD	1	25	25
Inversión servicio	Scanner 3D	1	50	50
Activo	Silla	1	35	35
Activo	Escritorio	1	90	90
Activo	Percha Metálica	1	60	60

Activo	Suministros y material de aseo	1	15	15
Inversión servicio	Durómetro	1	15	15
Activo	Calibrador	1	12	12
Total				1202

Existe un total de 60 dólares en gastos iniciales de constitución, distribuidos en dos rubros esenciales para cumplir con los requerimientos legales y operativos básicos: la obtención de la patente municipal y el permiso de bomberos, cada uno con un valor de 30 dólares como se indica en la Tabla IX.

Tabla IX. Gastos iniciales

Categoría	Detalle del Activo o Gasto	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Pasivos	Patente municipal	1	30	30
Pasivos	Permiso de bomberos	1	30	30
Total				60

En la Tabla X se identifica los gastos operativos del proyecto, que están compuestos por costos fijos y variables fundamentales para mantener la continuidad del negocio. Los gastos fijos principales incluyen el arriendo anual (USD 1.200), el servicio de internet anual (USD 207) y el sueldo anual del personal (USD 1.190,28), constituyendo la mayor parte de los gastos operativos.

Por otro lado, los gastos variables comprenden servicios básicos como agua potable (USD 48 anual) y energía eléctrica (USD 120 anual). En total, los gastos operativos anuales alcanzan los (USD 7.533,19), lo que evidencia una planificación financiera estructurada destinada a cubrir eficientemente los costos necesarios para la operación constante del negocio, garantizando así su sostenibilidad económica y operativa a largo plazo.

Tabla X. Gastos operativos

Categoría	Detalle del Activo o Gasto	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Subtotal (USD)
Gasto fijo	Arriendos	12	100	1.200
Gasto fijo	Internet	12	17,25	207
Gasto variable	Energía Eléctrica	12	10	120
Gasto variable	Agua	12	4	48
Gasto fijo	Sueldo mano de obra	12	99,19	1.190,28

Total	2.765,28
--------------	-----------------

La Tabla XI presenta valores de los costos de producción de 10 unidades mensuales y 120 anuales, distinguiendo entre costos de fabricación tanto indirectos como directos. Los costos directos mensuales ascienden a (USD 194,20), resultando en un total anual de (USD 2.330,40). Estos costos están asociados directamente a la fabricación del producto, incluyendo mano de obra específica y materias primas para la manufactura. Los costes indirectos mensuales son de (USD 904,70), alcanzando un total anual de (USD 10.856,40), cubriendo gastos generales de manufactura y servicios esenciales para la operación.

Tabla XI. Costos de producción

Detalle	Costos	Total, Mensual	Total, Anual
Costos directos de fabricación	19,42	194,20	2.330,40
Costos indirectos de fabricación	90,47	904,70	10.856,40
Total		1.098,90	13.186,80

En la Tabla XII ofrece una proyección clara de ventas basada en unidades estimadas. Según este análisis, se proyecta una venta mensual de 10 unidades, con un precio de venta establecido en (USD 137,56) por unidad. La proyección anual se estima en 120 unidades, manteniendo el mismo precio de venta. Este análisis permite determinar la viabilidad económica del proyecto y establecer objetivos claros y realistas para asegurar la rentabilidad y sostenibilidad financiera del proyecto.

Tabla XII. Proyección de ventas

Unidades mensuales	Precio de venta
10	137,56
Unidades anuales	Precio de venta
120	137,56

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.8. Conclusiones

El estudio de mercado facilitó precisar el disco de freno para vehículos livianos del segmento compacto que presentaba una significativa demanda insatisfecha en el ámbito local de la provincia de Imbabura. Se concluye que los discos de freno de modelos de alta rotación, principalmente como el vehículo Jetour X70, es el que dispone de mayor demanda por parte de los propietarios siendo esta de (31,47 %), lo que representa un 12.78 % más solicitudes respecto a la marca que está más cerca en cuanto a peticiones. No obstante, la disponibilidad es limitada y que en ese entonces por el año 2023 no disponían en stock, esto lo pudimos constatar realizando una cotización verbal a un concesionario “Grupo Roldán”, empresa exclusiva para la marca Jetour.

El diseño de manufactura establecido para el disco de freno permitió demostrar que existe factibilidad para desarrollar líneas de fabricación local. En este caso con la fábrica “SERVICIOS MECANICOS SMO”. El proceso considera como base la ingeniería inversa y abarca desde el análisis del material hasta la validación del prototipado físico. El diseño concebido se centró en una dureza de 135,75 HB, la cual es aceptable para el nivel de desgaste por uso que tendría la pieza. Además, las pruebas realizadas y la revisión de informes técnicos permitieron precisar que el material con el que son fabricadas estas piezas son fundiciones de hierro gris (tipo Clase 200) con aleaciones específicas para la resistencia térmica. Teniendo presente que el proceso de fabricación convencional involucra la fundición, mecanizado y tratamientos térmicos, cuyas técnicas principales para una producción a pequeña escala.

Con la ayuda de herramientas avanzadas como software CAD se realizó el fabricación de la pieza mediante la técnica de prototipado rápido FDM, utilizando filamento de PLA, mismo diseño que incluyó dimensiones clave como el diámetro del buje (105,72 mm), el espesor de pista (11,04 mm) y la inclinación cónica del asiento (26,38°), garantizando la compatibilidad del prototipo con el sistema de frenos original del vehículo. La impresión en una sola pieza permitió una representación precisa del modelo funcional, que fue validado exitosamente mediante su instalación en un vehículo real lo que demuestra que el enfoque y flujo de fabricación establecido permite la conformación de una línea de producción local que garantiza el cumplimiento de las especificaciones operativas, así como la precisión dimensional.

Por su parte, el análisis financiero determinó que el proyecto de fabricación de disco de freno para el vehículo Jetour X70, existe factibilidad para el desarrollo de un

modelo de producción local, con el que se optimiza recursos y tiempo de fabricación. Se proyecta un nivel de fabricación de 10 unidades mensuales con un precio de venta competitivo de 137,56 USD. La inversión inicial de 1.262 USD incluyendo gastos de patente, insumos operativos, software y otras herramientas usadas en la fabricación. En este contexto con una proyección de 120 unidades anuales, a un precio de 137, 56 USD se visualiza un ingreso bruto de 1.6507 USD. Para alcanzar el punto de equilibrio financiero deben producirse 08 unidades mensuales en decir 96 unidades anuales, lo que equivale a disponer de un punto de equilibrio monetario de 1.055,28 USD

4.9. Recomendaciones

Es recomendable llevar a cabo un estudio de mercado más amplio para evaluar la aceptación del producto por parte de los consumidores finales, así como identificar oportunidades adicionales en el mercado automotriz ecuatoriano que permitan expandir la línea de producción a otros modelos y tipos de vehículos.

Para la optimización del diseño planteado en este estudio, se sugiere efectuar estudios que permitan incorporar nuevos materiales disponibles en el mercado nacional y que cumplan con los requerimientos de resistencia térmica, investigar alternativas de materiales, compuestos y tratamientos superficiales avanzados que puedan mejorar aún más las propiedades térmicas y mecánicas del disco de freno, buscando optimizar su rendimiento y vida útil, asegurando así un producto plenamente funcional en diversas condiciones de operación.

Para obtener mejores resultados y una mayor precisión en las impresiones de piezas FDM, se recomienda disminuir hasta un 3% el diámetro de los agujeros del disco e ir limando en el momento del montaje en el vehículo hasta conseguir un calado correcto. También es importante considerar las directrices y la orientación del diseño antes de ser enviando a la impresora

Para que este estudio sea más factible y la utilidad de comercialización sea mayor, debe realizarse mientras el disco de freno sea escaso, máximo después de 2 años de la comercialización del vehículo ya que a partir del 3 año aparecen las importaciones del repuesto y su precio PVP disminuye considerablemente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Morales, «Desarrollar un plan de negocio para potenciales proveedores de ensambladoras automotrices impulsado por el cambio de matriz productiva en el Ecuador,» 2015.
- [2] A. Tobar, «Desarrollo de un molde de una autoparte sencilla mediante herramientas de prototipado e ingeniería inversa,» 2022.
- [3] R. Guevara y R. Pérez, «Diseño e implementación de disco de freno delantero con disipadores de calor a base de fundición de hierro nodular,» 2022.
- [4] R. García, J. Rivera, A. Quintero y G. Gutiérrez, «Análisis del caudal en un disco de freno automotriz con álabes de ventilación tipo NACA 66-209, utilizando velocimetría por imágenes de partículas,» *Informador técnico*, vol. 83, nº 1, pp. 6-18, 2019.
- [5] R. García, E. Flórez y E. Espinel, «Análisis de los principales mecanismos de falla en tres frenos de disco automotrices,» *RCTA*, vol. 2, nº 36, pp. 75-82, 2020.
- [6] J. Valverde, «Desarrollo de metodologías enfocadas a aplicaciones de ingeniería inversa para reproducir objetos mediante escaneado 3D, sistemas CAD/CAM y prototipado rápido,» 2019.
- [7] M. Pérez, «Universitat Politècnica de València,» *Ingeniería del agua*, vol. 18, nº 1, p. 9, 2014.
- [8] J. Borja, J. Fenoll y J. Seco, *Sistemas de Transmisión y Frenado*, Primera ed., Macmillan, 2009.
- [9] E. Águeda, J. Martín y T. Gómez, *Sistemas de transmisión y frenado*, Segunda ed., Madrid: Paraninfo, 2011.
- [10] J. Rodríguez, «Diseño y fabricación de hierros grises hipereutéticos de baja aleación para discos de freno,» 2008.
- [11] R. García, «Análisis y diseño de un disco de freno,» 2014.
- [12] V. Rojas, J. Pancha, V. Vicente y J. Lema, «Análisis de la eficiencia de un disco de freno convencional ventilado con respecto a un disco hiperventilado mediante mecanizado,» *Ingenius*, nº 25, pp. 62-69, 2021.

- [13] N. Rodríguez y I. Nieto, «Consideraciones para el diseño de un sistema diagnóstico de frenos de disco en un vehículo particular,» *Avances: Investigacion en Ingeniería*, vol. 14, nº 1, pp. 76-94, 2017.
- [14] E. Cañibano, M. Gonzalez, M. Rodríguez y J. Merino, «Metodología de trabajo para el diseño de discos de freno,» de *Memorias del XVII Congreso Internacional Anual de la Somim*, Guanajuato, 2012.
- [15] M. Peña, J. Fuentes, J. Gallardo y J. Zapatero, «Propiedades mecánicas de la fundición gris producida por empresas del Táchira, Venezuela,» *Revista Científica UNET*, vol. 24, nº 1, pp. 1-12, 2012.
- [16] E. Durazo, G. Salcido y J. González, «Impresión 3D - Impacto en la Industria Automotriz,» vol. 3, nº 12, pp. 1-15, 2015.

ANEXOS

Anexo 1. Evidencia montaje del prototipo 3D en el Vehículo Jetour X70



Anexo 2. Visita a la Fundidora “SMO”





Anexo 3. Características escáner (SHINING 3D, 14 FPS)



- Datos 3D de alta calidad: los escáneres 3D Einstar recopilan datos de nube de puntos de alta densidad rápida y fácilmente con una distancia de puntos de hasta 0.004 in. Beneficiarse de la cámara de color RGB incorporada, el usuario puede capturar datos 3D de alta fidelidad de color.
- Software de algoritmo inteligente: la tecnología de mejora de detalles integrada optimiza la nube de puntos para una adquisición completa de datos. El indicador de calidad de datos se enciende para guiar mejor el escaneo y mejorar la calidad de los datos. El software EXstar con algoritmo inteligente proporciona función de alineación automática y fortalece el rendimiento de seguimiento inteligente.
- Experiencia de usuario optimizada: Einstar proporciona una experiencia de escaneo suave y rápida para el usuario, velocidad de escaneo de hasta 14 FPS. Sin luz de proyector durante el proceso de escaneo, cómodo y seguro para los ojos, el usuario puede encender el "Modo de cabello" para obtener suficientes datos de cabello para escanear humanos y mejorar la integridad de los datos.
- Escaneo estable al aire libre: equipado con 3 proyectores infrarrojos VCSEL, 2 cámaras estéreo de profundidad y 1 cámara RGB, Einstar puede capturar datos de escaneo claros y generar salidas estables al aire libre. Solo un cable USB para transmisión de datos y alimentación, proporciona una distancia de trabajo flexible para objetos pequeños y grandes.
- Variedad de aplicaciones: flujo de trabajo claro y elegante para escaneo y posprocesamiento, admite múltiples salidas de formato de datos OBJ, STL, PLY, ASC, 3MF, P3, compatible con impresoras 3D y software de diseño 3D. Einstar es ampliamente utilizado en impresión 3D, diseño, archivo digital, educación, cultura y arte, VR y AR.

ima de la imagen para aplicar zoom

Anexo 4. Características impresoras 3D (ARTILLERY X2).

Volumen de trabajo: 300*300*400mm

Velocidad máxima de impresión: 150 mm/s

Calidad de impresión de alta precisión: hasta 50 micras

Instalación fácil y rendimiento estable.

Con diseño de marco de aluminio completo, estructura muy estable

Sistema de doble husillo en eje Z

Sistema de recuperación de impresión por corte de corriente

Detección de final o rotura de filamento

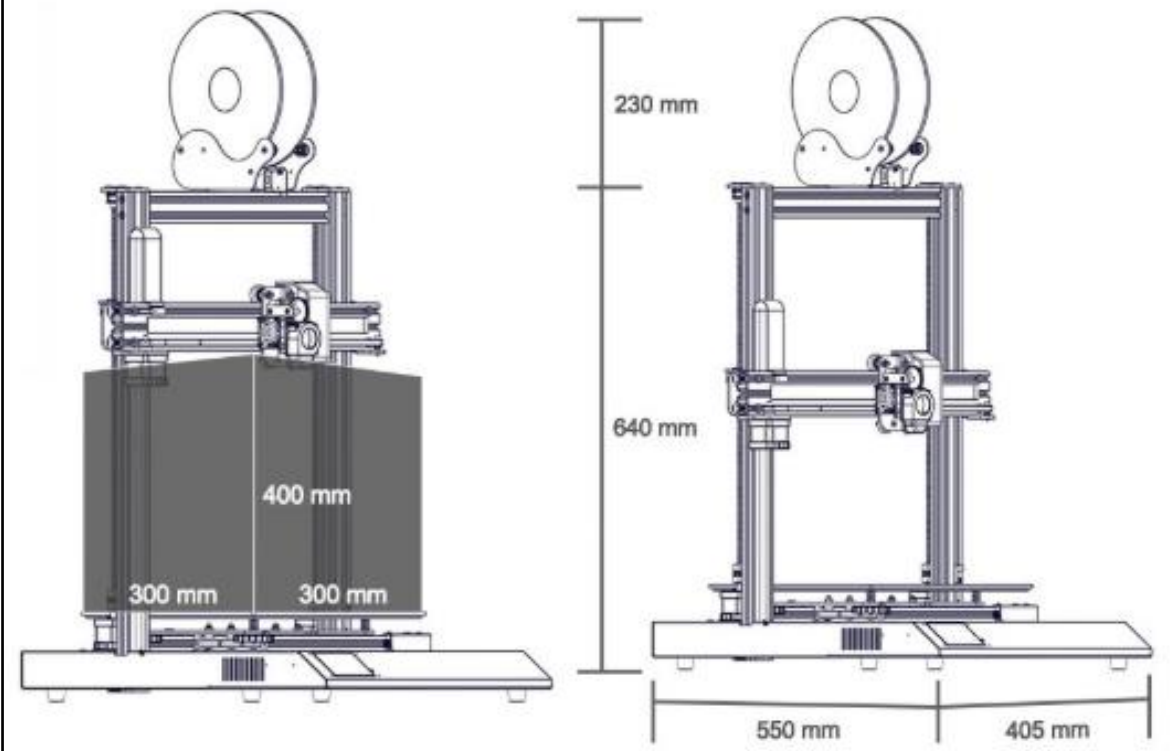
Pantalla táctil a todo color

Extrusor tipo AERO

Muy silenciosa

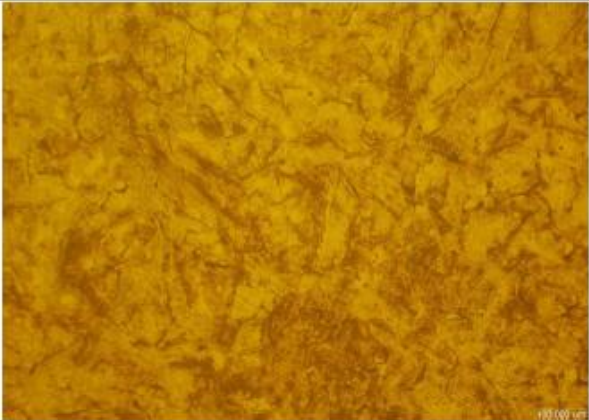
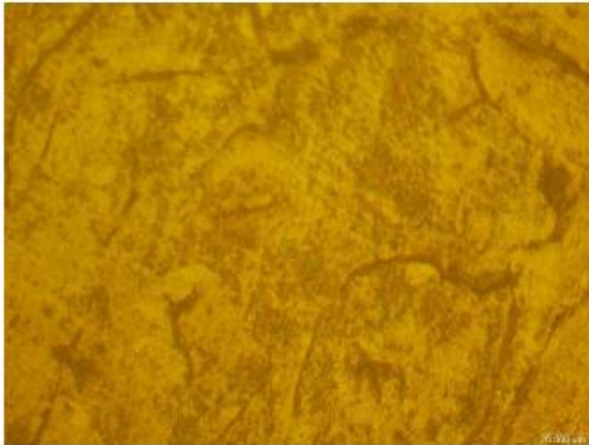
Materiales aceptados para imprimir: PLA, ABS, PET-G, PLA Flexible, Madera, TPU, PVA, HIPS

Medidas y tamaño de Artillery Sidewinder X2



Anexo 5. Informe del ensayo de composición química y metalografía

	ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA Y METALOGRAFÍA Calle 16 de enero y 20 marzo, Sangolquí-Ecuador Telefonos: 0984845317	RUC: 179320666001 operaciones@allpingyd.com																																								
DATOS DEL CLIENTE																																										
Razón: JOSE LUIS ALBA CHUQUIN Social: Dirección: AV Jaime Rivadeneira 3-52 Y Flores RUC: 1003101795 Teléfono: 0997798201 Email: luisjc777.la@gmail.com	N° Cotización: 2024C0182 Fecha: 18/09/2024 N° Proyecto: 000182 Requerido por: Celular:																																									
*ALLPING L&D SAS se hace responsable por toda la información proporcionada en el presente informe, excepto aquella que es suministrada por el cliente. *Toda la información entregada a ALLPING L&D SAS por parte del cliente, su representante o cualquier parte interesada será considerada como CONFIDENCIAL antes, durante y después de la ejecución de las actividades. *Las muestras o probetas que no sean requeridas por el cliente serán desechadas de acuerdo al procedimiento interno ALLPING L&D SAS "Recepción, manipulación, protección, almacenamiento, retención y disposición de muestras". *Los resultados presentados en el presente informe son válidos y aplicables únicamente para las muestras o probetas ensayadas o inspeccionadas y no deben ser utilizados para tomar conclusiones acerca de otras muestras, probetas, lotes, etc. *ALLPING L&D SAS no es responsable del muestreo de la probeta o la muestra entregada por el cliente, por lo que los resultados entregados en el presente informe corresponden a la muestra o la probeta tal como se recibió. * Cuando el cliente ha solicitado una declaración de conformidad con una especificación o norma para el ensayo (por ejemplo, pasa/no pasa, dentro de tolerancia/fuera de tolerancia), se ha tomado en cuenta la incertidumbre de medición y la regla de decisión acordada con el cliente.																																										
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 40%;">Fecha de Ensayo: 09/11/2024</td> <td style="width: 60%;">Humedad Relativa: 48 +- 22%</td> </tr> <tr> <td>Temperatura: 22 +- 4°C</td> <td>Calibración: 04/06/2024</td> </tr> <tr> <td>Equipo: ESPECTROMETRO</td> <td></td> </tr> </table>			Fecha de Ensayo: 09/11/2024	Humedad Relativa: 48 +- 22%	Temperatura: 22 +- 4°C	Calibración: 04/06/2024	Equipo: ESPECTROMETRO																																			
Fecha de Ensayo: 09/11/2024	Humedad Relativa: 48 +- 22%																																									
Temperatura: 22 +- 4°C	Calibración: 04/06/2024																																									
Equipo: ESPECTROMETRO																																										
MUESTRA DE DISCO DE FRENO POSTERIOR JETOUR																																										
Medido:																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td style="width: 33%;">C%</td><td style="width: 33%;">3,347</td><td style="width: 33%;">Co%</td><td style="width: 33%;"><0,0030</td></tr> <tr> <td>SI%</td><td>1,739</td><td>Mg%</td><td><0,0020</td></tr> <tr> <td>Mn%</td><td>0,511</td><td>Nb%</td><td><0,0050</td></tr> <tr> <td>P%</td><td><0,003</td><td>Ti%</td><td>0,0071</td></tr> <tr> <td>S%</td><td>0,016</td><td>V%</td><td>0,0054</td></tr> <tr> <td>Cr%</td><td>0,141</td><td>W%</td><td><0,001</td></tr> <tr> <td>Mo%</td><td><0,005</td><td>B%</td><td><0,001</td></tr> <tr> <td>Ni%</td><td>0,029</td><td>Sn%</td><td><0,002</td></tr> <tr> <td>Cu%</td><td>0,021</td><td>Fe%</td><td>94,12</td></tr> <tr> <td>Al%</td><td>0,0025</td><td></td><td></td></tr> </table>			C%	3,347	Co%	<0,0030	SI%	1,739	Mg%	<0,0020	Mn%	0,511	Nb%	<0,0050	P%	<0,003	Ti%	0,0071	S%	0,016	V%	0,0054	Cr%	0,141	W%	<0,001	Mo%	<0,005	B%	<0,001	Ni%	0,029	Sn%	<0,002	Cu%	0,021	Fe%	94,12	Al%	0,0025		
C%	3,347	Co%	<0,0030																																							
SI%	1,739	Mg%	<0,0020																																							
Mn%	0,511	Nb%	<0,0050																																							
P%	<0,003	Ti%	0,0071																																							
S%	0,016	V%	0,0054																																							
Cr%	0,141	W%	<0,001																																							
Mo%	<0,005	B%	<0,001																																							
Ni%	0,029	Sn%	<0,002																																							
Cu%	0,021	Fe%	94,12																																							
Al%	0,0025																																									
Los valores reportado son los promedio de al menos 2 puntos de medición tomados en la muestra. El valor de % Fe corresponde al balance de los elementos.																																										
INCERTIDUMBRE DEL ENSAYO: Aceros Baja y Mediana Aleación. Incertidumbre U=±[%] C=0.026, Si=0.016, Mn=0.027, Ni =0.009, Cr=0.024, Mo=0.003, Cu= 0.008. Fundiciones. Incertidumbre U=±[%] C=0.199, Si=0.167, Mn=0.090, Ni =0.130, Cr=0.042 Mo=0.003, Cu= 0.047.																																										

REPORTE DE RESULTADOS DEL ENSAYO METALOGRAFICO ASTM E45			
Fecha de Ensayo: 09/11/2024		Humedad Relativa: 48 +- 22%	
Temperatura: 22 +- 4°C		Calibración: 04/06/2024	
Equipo: ENS-07 Microscopio Metalográfico Micros			
Metalografía 100X			
FECHA:	07/10/2024		
Title	Metalografía 100X		
Muestra #	Muestra De Disco de Freno Posterior Jetour		
Trabajo	Control de Calidad		
Aumento	100X Micros Canon		
Reactivo	Nital 2		
Porcentajes de Fases			
Area de Perlita	32.717.137		
Area de Ferrita	3.635.237		
Pearlite %	90,00%		
Ferrite %	10,00%		
Area total de Imagen	36.352.374		
			
Fotografia A1. Metalografía 100X.			
Metalografía 500X			
FECHA:	07/10/2024		
Title	Metalografía 500X		
Muestra #	Muestra De Disco de Freno Posterior Jetour		
Trabajo	Control de Calidad		
Aumento	500X Micros Canon		
Reactivo	Nital 2		
			
Fotografia A2. Metalografía 500X.			
INTERPRETACIÓN: La "Muestra De Disco de Freno Posterior Jetour", corresponde a una fundición gris, con una microestructura de grafito de forma VII, Tipo A y tamaño 5. La matriz de la fundición tiene un 90 % de perlita y un 10% de ferrita.			

Anexo 6. Factura de la caracterización de material para determinar el tipo de un disco de freno: análisis de composición química metalografía



ALLPING L&D S.A.S.

ALLPING L&D S.A.S.

Dirección Matriz: Barrio: SELVA ALEGRE Calle: SELVA ALEGRE ESQ. FRANCISCO GU Numero: CH Interseccion: FRANCISCO GUARDERAS

Dirección Sucursal: Barrio: SELVA ALEGRE Calle: SELVA ALEGRE ESQ. FRANCISCO GU Numero: CH Interseccion: FRANCISCO GUARDERAS

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD SI

FACTURA

No. 001-100-000000193

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN

0210202401179320666600120011000000001939812440312

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 02/10/2024 19:41:12

AMBIENTE: PRODUCCIÓN

EMISIÓN: NORMAL

CLAVE DE ACCESO



0210202401179320666600120011000000001939812440312

Razón Social / Nombres y Apellidos: ALBA CHUQUIN JOSE LUIS

Identificación: 1003101795

Fecha: 02/10/2024 Placa / Matricula: Gula

Dirección: Av. Jaime Rivadeneira 3-52 Y Flores - Ibarra

Cod. Principal	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Detalle Adicional	Precio Unitario	Subsidio	Precio sin Subsidio	Descuento	Precio Total
ACQ-M		1.00	CARACTERIZACION DE MATERIAL PARA DETERMINAR EL TIPO DE UN DISCO DE FRENO: ANALISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA METALOGRAFIA		249.00	0.00	0.00	0.00	249.00

Información Adicional

Teléfono: 067796201

email: luis_jc777@hotmail.com

N° cotización: 202400102

Forma de pago	Valor
20 - OTROS con UTILIZACIÓN Del sistema FINANCIERO	249.35

SUBTOTAL 15%	249.00
SUBTOTAL 0%	0.00
SUBTOTAL NO OBJETO DE IVA	0.00
SUBTOTAL EXENTO DE IVA	0.00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	249.00
TOTAL DESCUENTO	0.00
ICE	0.00
IVA 15%	37.35
TOTAL DEVOLUCION IVA	0.00
IRBPNR	0.00
PROPINA	0.00
VALOR TOTAL	286.35

Anexo 7. Proforma de servicios mecánicos “SMO”



SERVICIOS MECANICOS

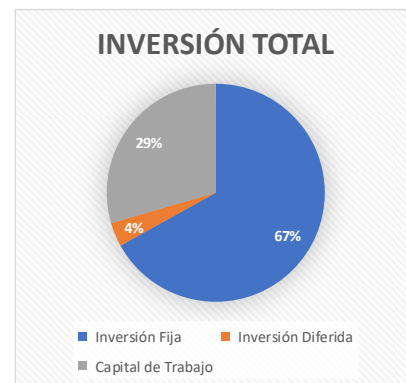
PROFORMA				P2025-FG0311-023		
Guevara Flores Flavio Hernan				RUC: 1000753457001		
CLIENTE	Luis Alba Chuquín			Fecha:	11 de marzo de 2025	
Responsable:	ON			RUC:	1003101795	
Dirección:	Ibarra					
Teléfono:	0997798201					
Detalles						
Ítem	Detalle	Unidad	Material	Cant. (U)	P Unit. (USD)	P. Total (USD)
1	Modelo	U	Varios	1	\$ 140,00	\$ 140,00
2	Fundición y mecanizado	U	Hierro gris	50	\$ 48,00	\$ 2.400,00
Lugar de entrega:		SMO		SUMA (USD):		\$ 2.540,00
Tiempo de entrega:		40 días laborables				
Forma de pago:		50% anticipo 50% contra		0% IVA:		\$ -
Validez de la oferta:		15 días				
Código Necesidad de Contratación:		NA		Total (USD):		\$ 2.540,00
Garantía:		1 año contra defectos de fabricación				
Notas Técnicas y Otra Información:						
0% IVA calificación artesanal.						
Esperando poder servirle.						
Sr. Flavio Guevara Servicios Mecánicos						

Dir.Sector Carabuela, Calle Pedro Pareja Gonzáles S/N a 200m entrada sur estadio de Otavalo
Cel.: 0985754226 email: ventas@serviciosmecanicos.ec web: www.serviciosmecanicos.ec

Anexo 8. Presupuesto de inversión

PRESUPUESTO DE INVERSIÓN					
RUBROS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO USD	VALOR TOTAL USD	FUENTES DE FINANCIAMIENTO	
				PRESTAMOS	FONDOS PROPIOS
INVERSIONES FIJAS					
Tangibles					
MUEBLES Y ENSERES					
Escritorio	1	90,00	90,00		90,00
Silla	1	35,00	35,00		35,00
EQUIPO DE OFICINA					
Laptop 1	1	600,00	600,00		600,00
MAQUINARIA Y EQUIPO					
Impresora 3D	1	300,00	300,00		300,00
MUEBLES DE FÁBRICA					
Percha metálica	1	60,00	60,00		60,00
HERRAMIENTAS					
Calibador	1	12	12,00		12,00
Total inversiones fijas tangibles			1097,00	0,00	1097,00
Intangibles					
Software CAD	1	25,00	25,00	0,00	25,00
Total inversiones fijas intangibles			25,00	0,00	25,00
Total inversiones fijas			1.122,00	0,00	1.122,00
INVERSION DIFERIDA					
Patente municipal	1	30,00	30,00	0,00	30,00
Permiso de bomberos	1	30,00	30,00	0,00	30,00
Total inversiones diferidas			60,00	0,00	60,00
CAPITAL DE TRABAJO					
Materia prima directa	1	95,00	95,00	0,00	95,00
Mano de obra directa	1	99,19	99,19	0,00	99,19
Caja chica(dinero en efectivo)	1	300,00	300,00	0,00	300,00
Total inversiones capital de trabajo			494,19	0,00	494,19
TOTAL PRESUPUESTO DE INVERSIÓN			1.676,19	0,00	1.676,19
				0,00%	100,00%

Rubros	Valor USD	Porcentaje
Inversión Fija	1.122,00	66,94%
Inversión Diferida	60,00	3,58%
Capital de Trabajo	494,19	29,48%
Inversión Total	1.676,19	100%



Anexo 9. Costos y gastos asociados

COSTOS					
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR POR DISCO	VALOR TOTAL
Costos directos de Fabricación					
Materia Prima Directa					
Filamento Prototipo	Prototipo 3D	unidad	1	95,00	\$ 95,00
				Total de MPD	\$ 95,00
Mano de Obra Directa					
Diseño Disco	Sueldo diseñador - Operario	unidad	1	77,00	\$ 77,00
				Total de MOD	77,00
Costos Indirectos de Fabricación					
Materia Prima Indirecta					
Fundición Discos	Colado, Enfriamiento, Mecanizado	unidad	10	50,80	\$ 508,00
Embalaje	Caja para el disco	unidad	10	0,80	\$ 8,00
				Total de MPI	\$ 516,00
Costos indirectos					
Disco de freno	Disco usado GRUPO ROLDAN	unidad	1	10,00	\$ 10,00
Caracterización	Elementos químicos	unidad	1	286,35	\$ 286,35
Durómetro	Prueba de resistencia	unidad	1	15,00	\$ 15,00
Escaneo	Escaneo 3D	unidad	1	50,00	\$ 50,00
				Total de CIF	\$ 361,35
Total de Costo de Producción					1.049,35

GASTOS						
RUBRO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL M.	FUENTE
GASTOS MENSUALES						
Gastos de Administración						
Bodega	Arriendo	Unidanes	1,00	100,00	100,00	Efectivo
				Total:	100,00	
Suministros y materiales de oficina						
Papelería	kit suministros	Unidades	1	5,00	5,00	Efectivo
				Total:	5,00	
Suministros y materiales de aseo y limpieza						
Jabón líquido de manos	Jabón Líquido Dr. Clean Antibacterial Galón	galón	1	1,85	1,85	Efectivo
Toallas de manos	Papel	unitario	1	1,75	1,75	Efectivo
Papel Higiénico	Sanit Institucional blanco doble hoja	unitario	3	1,50	4,50	Efectivo
Trapeador	De pabito	unitario	1	0,50	0,50	Efectivo
Recogedor	Recogedor Plástico De Basura	unitario	1	0,50	0,50	Efectivo
Escoba	PICA de madera y plástico	unitario	1	0,90	0,90	Efectivo
				Total:	10,00	
Servicios						
Agua Potable	EMAPA	m3	11,42	0,35	4,00	Efectivo
Luz Eléctrica	EMELNORTE	KWH	100,00	0,10	10,00	Efectivo
Internet	CIMTEL	GB	1,00	17,25	17,25	Efectivo
				Total:	31,25	
Total de Gastos					146,25	

Anexo 10. Cálculo de depreciaciones

DEPRECIACIONES							
ACTIVOS FIJOS	VALOR HISTORICO	VALOR RESIDUAL	AÑOS DE VIDA UTIL	PORCENTAJE			
MUEBLES Y ENSERES	USD 185,00	USD 0,00					
Escritorio	USD 90,00	USD 0,00	10	10%			
Silla	USD 35,00	USD 0,00	10	10%			
Percha Metálica	USD 60,00	USD 0,00	10	10%			
MAQUINARIA Y EQUIPO	USD 912,00	USD 0,00					
Computadora	600,00	USD 0,00	3	33,33%			
Impresora 3D	300,00	USD 0,00	3	33,33%			
Calibrador	12,00	USD 0,00	3	33,33%			
TOTAL	USD 1.097,00						
METODO DE LA LINEA RECTA							
MUEBLES Y ENSERES							
Escritorio							
PERIODO		VALOR	DEPRECIACION	DEPRECIACION	DEPRECIACION	SALDO	
DESDE	HASTA	HISTORICO	ANUAL	ACUMULADA	MENSUAL		
8/7/2020	8/7/2021	USD 90,00	USD 9,00	USD 9,00	USD 0,75	USD 81,00	1
8/7/2021	8/7/2022	81	USD 9,00	USD 18,00	USD 0,75	USD 72,00	2
8/7/2022	8/7/2023	72	USD 9,00	USD 27,00	USD 0,75	USD 63,00	3
8/7/2023	7/7/2024	63	USD 9,00	USD 36,00	USD 0,75	USD 54,00	4
7/7/2024	7/7/2025	54	USD 9,00	USD 45,00	USD 0,75	USD 45,00	5
7/7/2025	7/7/2026	45	USD 9,00	USD 54,00	USD 0,75	USD 36,00	6
7/7/2026	7/7/2027	36	USD 9,00	USD 63,00	USD 0,75	USD 27,00	7
7/7/2027	6/7/2028	27	USD 9,00	USD 72,00	USD 0,75	USD 18,00	8
6/7/2028	6/7/2029	18	USD 9,00	USD 81,00	USD 0,75	USD 9,00	9
6/7/2029	6/7/2030	9	USD 9,00	USD 90,00	USD 0,75	USD 0,00	10
METODO DE LA LINEA RECTA							
MUEBLES Y ENSERES							
Silla							
PERIODO		VALOR	DEPRECIACION	DEPRECIACION	DEPRECIACION	SALDO	
DESDE	HASTA	HISTORICO	ANUAL	ACUMULADA	MENSUAL		
8/7/2020	8/7/2021	USD 35,00	USD 3,50	USD 3,50	USD 0,29	USD 31,50	1
8/7/2021	8/7/2022	USD 31,50	USD 3,50	USD 7,00	USD 0,29	USD 28,00	2
8/7/2022	8/7/2023	USD 28,00	USD 3,50	USD 10,50	USD 0,29	USD 24,50	3
8/7/2023	7/7/2024	USD 24,50	USD 3,50	USD 14,00	USD 0,29	USD 21,00	4
7/7/2024	7/7/2025	USD 21,00	USD 3,50	USD 17,50	USD 0,29	USD 17,50	5
7/7/2025	7/7/2026	USD 17,50	USD 3,50	USD 21,00	USD 0,29	USD 14,00	6
7/7/2026	7/7/2027	USD 14,00	USD 3,50	USD 24,50	USD 0,29	USD 10,50	7
7/7/2027	6/7/2028	USD 10,50	USD 3,50	USD 28,00	USD 0,29	USD 7,00	8
6/7/2028	6/7/2029	USD 7,00	USD 3,50	USD 31,50	USD 0,29	USD 3,50	9
6/7/2029	6/7/2030	USD 3,50	USD 3,50	USD 35,00	USD 0,29	USD 0,00	10
METODO DE LA LINEA RECTA							
MUEBLES Y ENSERES							
Percha Metálica							
PERIODO		VALOR	DEPRECIACION	DEPRECIACION	DEPRECIACION	SALDO	
DESDE	HASTA	HISTORICO	ANUAL	ACUMULADA	MENSUAL		
8/7/2020	8/7/2021	USD 60,00	USD 6,00	USD 6,00	USD 0,50	USD 54,00	1
8/7/2021	8/7/2022	USD 54,00	USD 6,00	USD 12,00	USD 0,50	USD 48,00	2
8/7/2022	8/7/2023	USD 48,00	USD 6,00	USD 18,00	USD 0,50	USD 42,00	3
8/7/2023	7/7/2024	USD 42,00	USD 6,00	USD 24,00	USD 0,50	USD 36,00	4
7/7/2024	7/7/2025	USD 36,00	USD 6,00	USD 30,00	USD 0,50	USD 30,00	5
7/7/2025	7/7/2026	USD 30,00	USD 6,00	USD 36,00	USD 0,50	USD 24,00	6
7/7/2026	7/7/2027	USD 24,00	USD 6,00	USD 42,00	USD 0,50	USD 18,00	7
7/7/2027	6/7/2028	USD 18,00	USD 6,00	USD 48,00	USD 0,50	USD 12,00	8
6/7/2028	6/7/2029	USD 12,00	USD 6,00	USD 54,00	USD 0,50	USD 6,00	9
6/7/2029	6/7/2030	USD 6,00	USD 6,00	USD 60,00	USD 0,50	USD 0,00	10

Anexo 12. Síntesis de costos y cálculo de punto de equilibrio.

PUNTO DE EQUILIBRIO			
RUBRO	TOTAL	FIJO	VARIABLE
Materia Prima Directa	95,00	-	95,00
Mano de Obra Directa	99,19	-	99,19
Costos indirectos de fabricación	904,77	904,77	-
Gastos de Administración	1,54	1,54	-
Gastos de Venta	-	-	-
Gasto Financieros	-	-	-
TOTAL	1.100,50	906,31	194,19
Cantidad producida (mensual)	10		
Precio de Venta	137,56		
Costo variable Unitario	19,42		
Ventas	1.375,62		
PUNTO DE EQUILIBRIO OPERATIVO			
Punto Equilibrio	8	Unidades	
1.055,28	\$1.055,28		
PUNTO DE EQUILIBRIO MONETARIO		\$1.055,28	