



Facultad de Ciencia y Tecnología

Trabajo de graduación para la obtención de los títulos de  
Ingeniería automotriz e ingeniería en producción y operaciones

Evaluación de la factibilidad técnica y económica de la producción  
de discos de freno para bicicleta en el Ecuador

Xavier de Jesús Feijoo Portilla  
Fernandez de Cordova Cisneros José Antonio

Gustavo Alvarez Coello

Cuenca  
2020

# Evaluación de la factibilidad técnica y económica de la producción de discos de freno para bicicleta en el Ecuador

Xavier de Jesús Feijoo Portilla

Estudiante de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad del Azuay

[jeshua88@icloud.com](mailto:jeshua88@icloud.com)

Jose Antonio Fernandez de Córdova Cisneros

Estudiante de la carrera de Ingeniería en Producción y Operaciones de la Universidad del Azuay

[jfernandezdec@gmail.com](mailto:jfernandezdec@gmail.com)

Ing. Gustavo Andrés Álvarez Coello

Docente de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad del Azuay

[galvarez@uazuay.edu.ec](mailto:galvarez@uazuay.edu.ec)

## Resumen

Este estudio se realizó con la finalidad de determinar la producción y comercialización de discos de freno para bicicleta en el Ecuador. En el documento se definió el material con el que se construyó el disco para someterlo a simulaciones y probar su resistencia, también se analizó los distintos procesos productivos con sus respectivas ventajas y desventajas. Finalmente se contrastaron los resultados con lo que se determinó la rentabilidad de la producción de discos de freno.

Palabras Clave: disco, freno, bicicleta, procesos, fabricación

Feijoo, Fernandez de Cordova

Technical and economic feasibility for the production of brake discs  
for bicycles in Ecuador.

ABSTRACT

This study was carried out with the purpose of determining the production and commercialization of bicycle brake discs in Ecuador. The material with which the disc was built was defined in order to be simulated and tested for strength. The different production processes with their respective advantages and disadvantages were also analyzed. Finally, the results were contrasted and determined the profitability of the production of brake discs.

**Keywords:** disc, brake, bicycle, processes, manufacturing.




---

Gustavo Alvarez  
Thesis Director



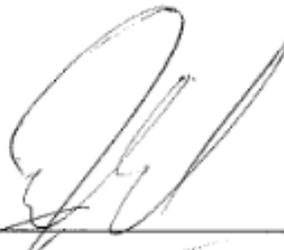

---

Robert Rockwood Iglesias  
Faculty Coordinator



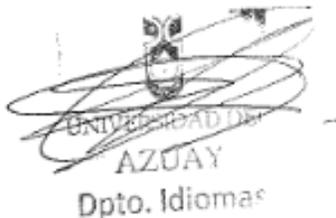

---

Jesus Feijoo  
Author




---

Jose Fernandez de Cordova  
Author




Translated by  
Ing. Paul Arpi

# Evaluación de la factibilidad técnica y económica de la producción de discos de freno para bicicleta en el Ecuador

**José Antonio Fernández de Córdova, Jesús Feijoo  
Gustavo Álvarez, Damián Encalada, Daniel Cordero**

*Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad del Azuay*

jfernandezdec@gmail.com, jeshua88@icloud.com

galvarezc@uazuay.edu.ec, dencalada@uazuay.edu.ec, dacorderom@uazuay.edu.ec

**Resumen** — Este estudio se realizó con la finalidad de determinar la producción y comercialización de discos de freno para bicicleta en el Ecuador. En el documento se definió el material con el que se construyó el disco para someterlo a simulaciones y probar su resistencia, también se analizó los distintos procesos productivos con sus respectivas ventajas y desventajas. Finalmente se contrastaron los resultados con lo que se determinó la rentabilidad de la producción de discos de freno.

**Keywords**—disco, freno, bicicleta, procesos, fabricación

## I. INTRODUCCIÓN

Cada vez se utiliza más la bicicleta en el Ecuador. Según datos del INEC en el 2015 usaron bicicleta 1'870.729 personas, esta cifra se incrementó en 2016 en un 32.5% a 2'481.343, la misma institución dice que existen tres bicicletas por cada 10 hogares. En la provincia del Azuay, proyectos de la EMOV (Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte de la Ciudad de **Cuenca**), como la bici pública que cuenta con 240 unidades y bici escuela con 45 unidades, son proyectos dedicados a incentivar el uso de este medio de transporte entre los ciudadanos. Después de realizar una visita a los principales almacenes especializados de la ciudad, se observó que el 100% del portafolio de bicicletas de montaña y de recreación utilizan disco como método de frenado. En cuanto a las bicicletas para niños, un 20% utilizan discos, al igual que en las bicicletas de ruta, es por este motivo que la demanda de elementos que sufren desgaste por su uso está en crecimiento.

En el mercado encontramos algunos tamaños de discos, 150mm, 160mm 185mm y 203mm, siendo los de 160mm los más populares acaparando más del 60% del mercado, los precios de los discos en el mercado nacional van desde los \$15 USD hasta los \$75USD dependiendo de la marca y el modelo. El material utilizado en la fabricación es una lámina de acero entre 1.8 a 2mm de espesor, inoxidable de bajo contenido en carbono, resistente a la corrosión.

Existen cuatro tipos de fabricación de frenos:

El corte láser: permite realizar casi cualquier tipo de diseño por lo tanto puede ser flexible. Sus desventajas, es un

proceso costoso en el país y genera una zona afectada térmicamente.

El corte plasma también permite ser flexible en los diseños, su costo es más accesible que el corte láser, sin embargo, no es tan preciso y su vía de corte es más ancha que el corte láser lo que puede afectar al producto terminado.

El corte con chorro de agua es el más costoso de los tres métodos, la pieza al estar parcialmente sumergida en agua evita que existan problemas de temperatura, su desventaja es que no existen muchos talleres en el país que ofrecen este servicio y es bastante costoso.

El corte con matiz permite producir gran cantidad de unidades a un costo extremadamente bajo, sin embargo, el costo de fabricación de las matrices es alto por lo que la demanda debe ser considerable para justificar la inversión inicial.

En cuanto a la demanda, se investigó el número de talleres que existen en las principales ciudades del país y luego se determinó que en promedio se cambia 1.5 discos de freno al mes por taller, con estos datos se determinó si es factible fabricar discos de freno para bicicleta a un precio y calidad competitiva en el Ecuador.

En el proyecto se analizó de forma computacional y especifica todo lo necesario para la fabricación de disco base, quedando fuera del alcance del proyecto frenado métodos de prueba físicos especificados en la norma 4210-4: 2015.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### **DETERMINAR EL DISCO DE FRENO**

#### **1. Identificar los de disco de frenos existentes**

Los frenos de disco vienen en varios tamaños medidos en milímetros, los tamaños más comunes incluyen 150 mm, aproximadamente 6 pulgadas, que es una de las versiones más pequeñas; 160 mm; 185 mm; y 203 mm. Las dimensiones se refieren al diámetro externo del disco. En un estudio (Faqload.com, 2013) el peso varía de acuerdo con el material y

diseño con un diámetro exterior de 160 mm el cual es el más utilizado, su peso puede ser entre 48 – 145 gramos.

## 2. Realizar el modelo del diseño acorde a las necesidades del producto

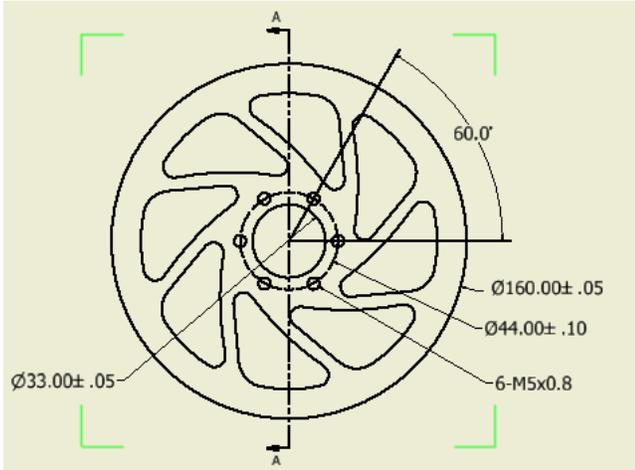


Figura 1. Tamaños de discos [1].

El disco de freno a fabricar posee un espesor de 1,8 mm (Fig 1), y un diámetro exterior de 160 mm. El sistema de sujeción del disco a la manzana es por medio del agujero central tiene un diámetro de 33 mm y 6 pernos M5 x 0.8 es el más ampliamente usado (Fig. 2).

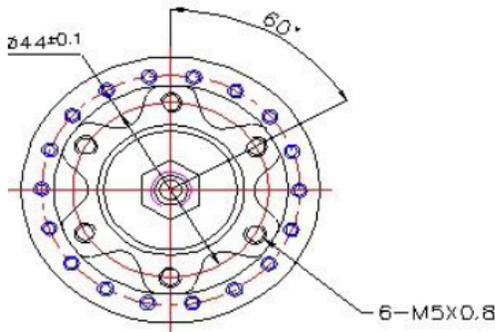


Figura 2. Sujeción de disco en manzana [2]

### 2.1 Diseño de disco de freno.

El disco genérico (Fig 3) Se refiere a un disco en blanco, sin ningún tipo de características de diseño, que se utiliza para la estructura; es esencial un disco sólido que puede ser acoplado en los pernos 6 estándar de montaje sobre una manzana de bicicleta para proporcionar un punto de referencia validación.

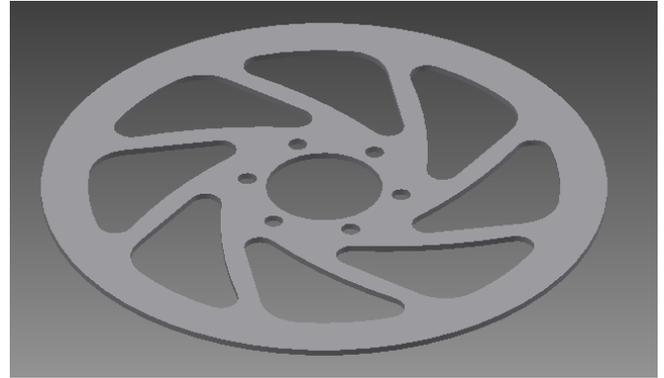


Figura 3. Diseño de disco de freno [1].

### 3. Validación de diseño del disco mediante software de simulación.

Los análisis tanto térmicos como esfuerzos y deformación a los que está sometido el disco se realizaron en el programa Ansys, La malla era autogenerado usando aproximadamente 3 mm de tamaño en el cual se tomó en cuenta las zonas que requerían refinamiento en el mallado (Fig. 5).

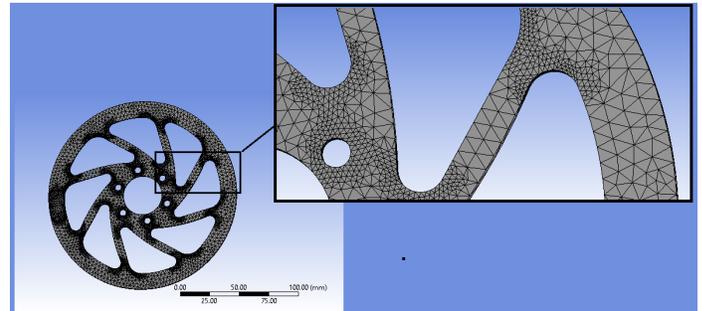


Figura 4. Mallado disco de freno [1].

### 3.1 Puntos de apoyo y fuerza aplicada en el disco

Las condiciones de contorno son las cargas y restricciones que actúan sobre una malla particular. Basado en la norma ISO 4210-2:2015 [3] de la cual se tomó el valor máximo fuerza de 340 N y un coeficiente de fricción de las pastillas al disco de 0.4 aplicada en el disco frontal en bicicletas de uso urbano (Fig. 6).

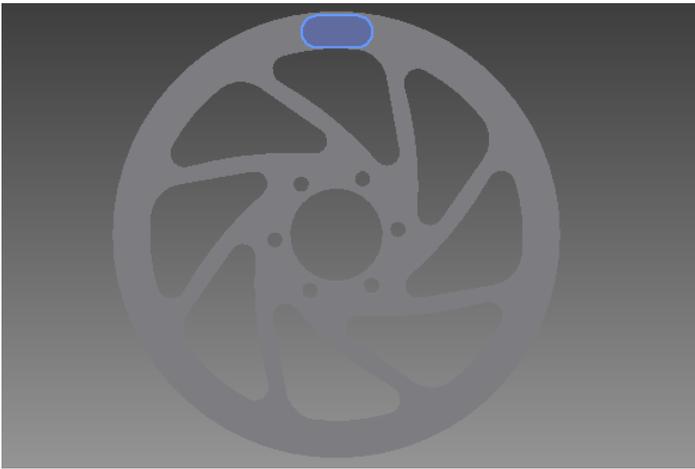


Figura 5. Zona de fuerza aplicada [1].

El tornillo se aplica cargas de tracción sobre el rotor por las fuerzas de fricción entre la superficie de cojinete del tornillo y la superficie del disco. La cabeza del tornillo no se modeló. En su lugar se utilizó un modelo simplificado de superficies rígidas que representaba tornillos.

Para el análisis del diseño, los puntos de sujeción de 6 pernos y base central se tomaron como puntos de apoyo con el sentido de giro de la fuerza aplicada (Fig. 7).

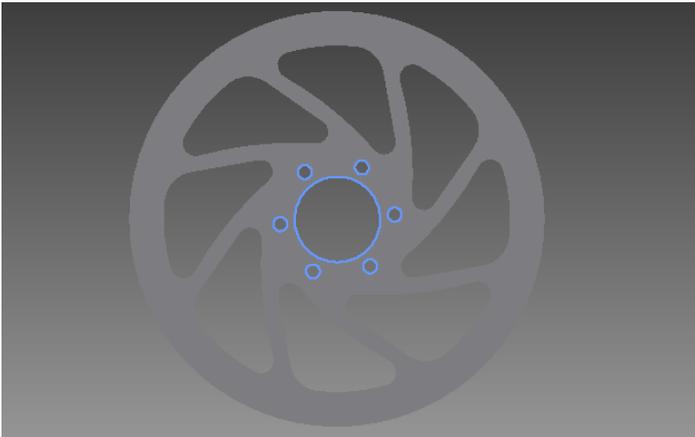


Figura 6. Puntos de apoyos [1].

### 3.2 Resultados de los esfuerzos de Von Mises, pandeo y térmico

En el análisis estático de disco de freno se obtuvo un valor máximo de 49,482 MPa (Fig. 8).

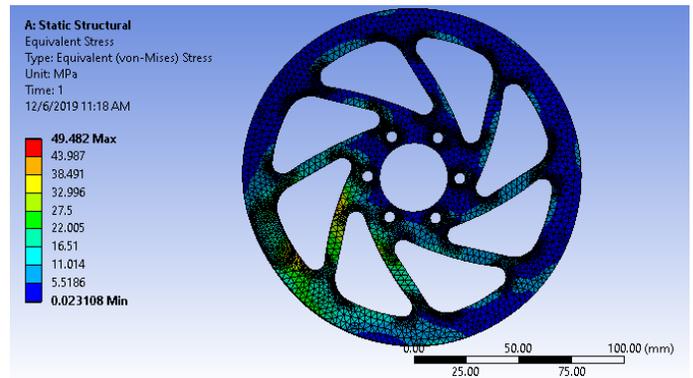


Figura 7. Esfuerzo máximo [1].

Tomando en cuenta que para el análisis se usó materias de austeníticos (Fig. 9).

Details of "Stainless steel, austenitic"	
<b>Common Material Properties</b>	
Density	7.9e-06 kg/mm <sup>3</sup>
Young's Modulus	1.98e+05 MPa
Thermal Conductivity	0.015 W/mm·°C
Specific Heat	5.1e+05 mJ/kg·°C
Tensile Yield Strength	243 MPa
Tensile Ultimate Strength	546 MPa
Nonlinear Behavior	False

Figura 8. Características acero austenítico [1].

El factor de seguridad es:

$$\bullet \quad \eta = \frac{S_{ut}}{\sigma'} \quad (1)$$

$$\bullet \quad \eta = \frac{485 \text{ Mpa}}{49.482 \text{ Mpa}}$$

$$\bullet \quad \eta = 9.8$$

El análisis de pandeo se obtuvo una deformación de 0.094483 mm como máximo (Fig. 10).

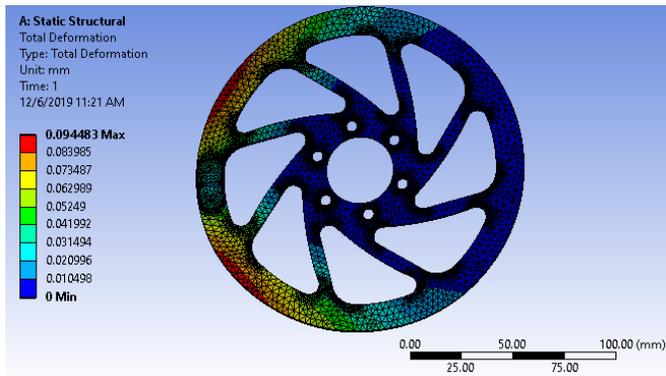


Figura 9. Deformación de pandeo [1].

El área de análisis es donde tiene contacto superficial la pastilla (Fig. 11).



Figura 10. Zona aplicada [1].

En el análisis térmico se toma el valor de convección  $h = 25 \text{ (W} \cdot \text{s/m}^3 \cdot \text{K)} \Rightarrow 1.735e^{-004} \text{ W/mm}^2 \cdot \text{C}^\circ$  [4].

Obteniendo un resultado de 83.858°C máximo en un tiempo de 7s (Fig. 12).

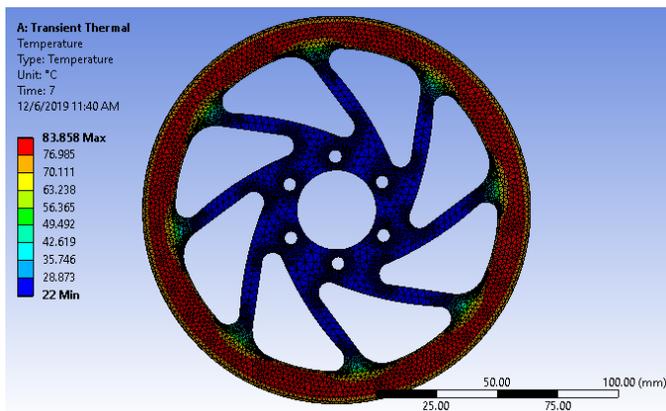


Figura 11. Análisis térmico [1].

## B) Seleccionar la materia prima

### 1. Datos de materiales a utilizar

El material empleado es el acero inoxidable T302. Es un acero inoxidable austenítico al Cr-Ni, laminado en frío. Se trata de un acero inoxidable muy empleado para operaciones de corte y estampado. Presenta alta resistencia y sus propiedades anticorrosivas son superiores a las del acero inoxidable T301 [5].

### 2. Selección de la materia prima

Pueden ser de acero 403, 410, 420. Es acero inoxidable martensítico. El acero inoxidable T304 es un acero austenítico, el precio de la plancha de 1.22 m x 2.44 de 2 m de espesor es de \$162 USD. Su bajo contenido en carbono con respecto a la aleación 302 otorga una mejor resistencia a la corrosión con un esfuerzo a la fluencia de 485 MPa [6].

La disposición en tresbolillo para la pieza a diseñar sigue la siguiente geometría:

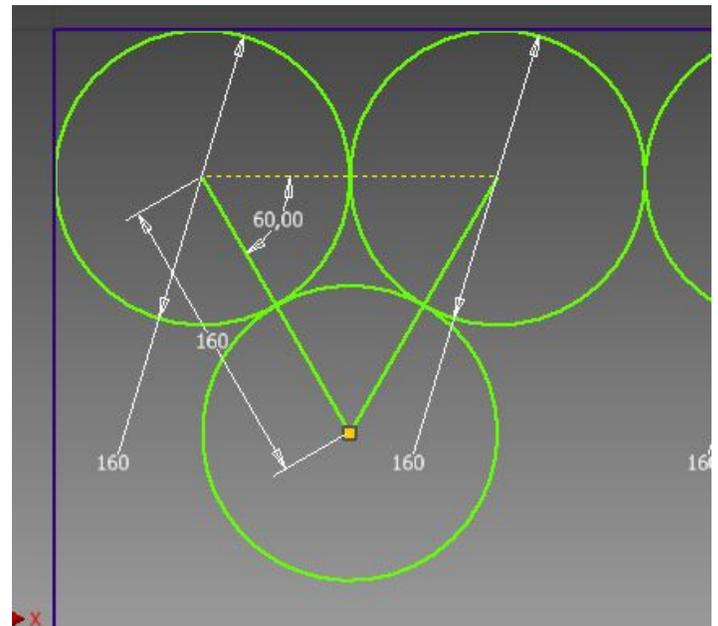


Figura 12. Distribución en plancha [1].

Para maximizar el uso de la materia prima al tamaño final de venta, en la disposición al tresbolillo es el maximiza aprovechamiento del espacio disponible (Fig. 13).

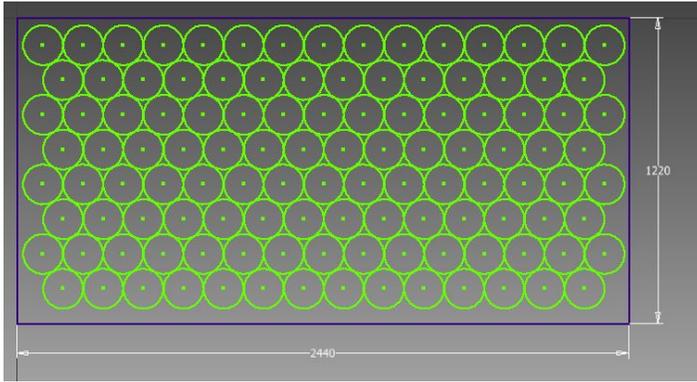


Figura 13. Distribución en plancha [1].

Con esta distribución se pueden producir 116 discos por plancha (Fig. 14), el costo de material por disco es de aproximadamente \$0.70 USD.

### C) Definir el método de fabricación

Se analizaron las ventajas y desventajas de los cuatro métodos de fabricación, es necesario tomar en cuenta que los procesos de fabricación serán tercerizados a menos que la demanda justifique la inversión inicial del equipo que puede llegar a los varios miles de dólares, los resultados están resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 1. Ventajas y desventajas [1].

Método	Ventajas y desventajas				
	Costo	Ventaja	Desventaja	Costo post proceso	Costo final
Laser	\$13.50	Precisión	Costo	\$0.50	\$14.00
Plasma	\$4.00	Bajo Costo	Daño en producto	\$0.00	\$4.00
Agua	\$16.55	No hay calor	Disponibilidad	\$0.00	\$16.55
Matriz	\$0.30	Bajo costo	Inversión inicial	\$0.20	\$2.00

Como se observa en la tabla 1, el corte por plasma queda completamente descartado debido a que daña el producto final y no se analizó el costo del post proceso.

El corte con chorro de agua es el más costoso de todos los métodos de fabricación, disminuyendo la rentabilidad que se puede obtener en la venta sin llegar a tener una ventaja justificada.

Se realizó el corte por láser para realizar los análisis. Estos permiten ser precisos, y realizar modificaciones en el diseño en caso de que sea necesario. El corte con matriz, que permite una producción masiva a un costo extremadamente bajo.

### D) Mercado

Según datos de la marca SRAM en el 2018 se comercializaron 60 discos de freno de 160 mm, esta marca produce discos de alta gama que se venden a un precio de \$45,00 hasta \$75,00 USD, según distribuidores de Shimano, en el 2018 vendió cerca de 400 discos a nivel nacional.

Otro dato obtenido luego de visitar 10 talleres de bicicletas de la ciudad es que en promedio cambian 1,5 discos de freno al mes, los motivos por los cuales se realiza el cambio son:

- 60% por daño o deformación
- 30% por desgaste
- 10% por contaminación

De acuerdo con la información de los talleres registrados en *google maps* existen los siguientes:

- Azuay: 55 talleres
- Pichincha: 88 talleres
- Guayas: 69 talleres
- Santo Domingo: 12 talleres
- Loja: 4 talleres

Un total de 228 talleres registrados en cinco ciudades que se tomaron en cuenta como muestra, luego de realizar entrevistas a 15 talleres de la ciudad de Cuenca, se determinó que cada taller cambia 1.5 discos al mes, con esto calculamos que la demanda aproximada es de 342 discos mensuales, el proyecto tiene como objetivo captar el 10 % del mercado actual teniendo una demanda mensual de 34 discos.

Se considera un crecimiento anual del mercado del 10 % debido a que el muestreo realizado apenas considera cinco ciudades del país, por lo que si se tiene aceptación del mercado se buscará más comercios a nivel nacional.

## III. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como material se utilizarán las planchas de acero T304 de 1.22 m x 2.44 m de 2 mm de espesor, con un costo de \$162,00 USD que permite fabricar 116 discos por plancha a un costo en material aproximado de \$0.70 USD por disco.

Después de realizar las respectivas simulaciones para validar el diseño, se procedió a analizar los métodos de fabricación con los siguientes resultados:

Se descarta el corte por plasma debido a que en el proceso el material es muy maltratado dañando los acabados y la integridad del disco de freno.



Figura 14. Disco cortado con plasma [1]

También se descarta el corte con chorro de agua, debido a que su alto costo disminuye la rentabilidad del producto.

En primera instancia se utilizará corte láser para la fabricación de discos, el costo de total de fabricación es de \$14 USD, y el precio de venta será de \$20 USD, si bien el margen generado es reducido, apenas \$6 USD por disco, este método no requiere inversión inicial, se puede fabricar por unidades además de que permite aprender del mercado, identificar preferencias y medir una demanda real.



Figura 15. Disco cortado con láser [1]

En caso de que la respuesta del mercado sea favorable se considerará la fabricación de una matriz para la fabricación de discos de freno, la cotización obtenida de la matriz es de \$8500 USD, el costo total de fabricación de disco se reduce a apenas \$2 USD aproximadamente, generando un margen con el consumidor final de \$18 USD por disco, esto permite ser más agresivos en el mercado para obtener precios más competitivos.

Los indicadores financieros obtenidos en la segunda etapa de comercialización de los discos son los siguientes:

Indicadores financieros	
<i>Inversión</i>	\$8500
<i>Tasa circulante</i>	4
<i>Prueba ácida</i>	4
<i>Rentabilidad sobre ventas</i>	58.70%
<i>Rentabilidad económica</i>	627.36%
<i>Rentabilidad financiera</i>	40.15%
<i>VAN</i>	\$3,693.91
<i>TIR</i>	48.39%

Fig. 2 Indicadores financieros [1]

Como se observa en la tabla, el proyecto es completamente factible desde su etapa inicial. Se considera importante no generar gran margen en la primera etapa a cambio de conseguir una información real del mercado, ver su aceptación, su demanda real, y hacer correcciones al producto antes de realizar la inversión en la matriz.

#### REFERENCIAS

- [1] J. Fernandez y X. Feijoo, "Autor". 2019.
- [2] PROMAX, "Disc Brake Owner ' s Manual", núm. 112, p. 7382121, 2015.
- [3] INEN, "ISO 4210-2:2015", 2015.
- [4] I. Feier y R. Redfield, "Thermal/Mechanical Measurement and Modeling of Bicycle Disc Brakes", *Proceedings*, vol. 2, núm. 6, p. 215, 2018.
- [5] A. O. Alonso, "ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS Titulación : Título del proyecto : Título del proyecto : DOCUMENTO 1 : MEMORIA", 2016.
- [6] N. Detalles *et al.*, "Acero inoxidable";, pp. 1–12, 2014.