

**CIENCIAMATRIA**

**Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología**

Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024

Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

[DOI 10.35381/cm.v10i2.1428](https://doi.org/10.35381/cm.v10i2.1428)

**Descripción, modelado y criterios de selección de un inyector de gasolina**

**Description, modeling and selection criteria for a gasoline injector**

Giovanny Vinicio Pineda-Silva

[ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec](mailto:ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-2785-1249>

José Pablo Proaño-Remache

[josepr93@uniandes.edu.ec](mailto:josepr93@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-8565-3320>

Hernán Rodrigo Castro-Rojas

[hernancr32@uniandes.edu.ec](mailto:hernancr32@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0001-5476-8216>

Carlos Enrique Pérez-Manzano

[carlospm65@uniandes.edu.ec](mailto:carlospm65@uniandes.edu.ec)

Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Tungurahua  
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-5500-5066>

Recibido: 15 de mayo 2024

Revisado: 15 de junio 2024

Aprobado: 15 de septiembre 2024

Publicado: 01 de octubre 2024

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

## RESUMEN

La presente investigación planteó como objetivo describir un criterio de selección de inyectores basado en modelos matemáticos y demás métodos de ingeniería. Metodológicamente, se planteó un estudio cuantitativo de tipo descriptivo, tomando como base un inyector para especificar de forma técnica los componentes, materiales y su funcionamiento. Además se desarrolló el modelo matemático de la corriente en función del tiempo de un inyector aplicando ecuaciones diferenciales en circuitos eléctricos, proceso utilizado para seleccionar adecuadamente un inyector. Los resultados destacaron una simulación del comportamiento del mecanismo interno en un software especializado, donde se pusieron a prueba sus propiedades mecánicas como resistencia y los esfuerzos a los que normalmente estuvo sometido. De esta manera, se concluyó que la experiencia investigativa permitió comprender mejor qué es un inyector, cómo funciona y porqué es tan importante seleccionar el indicado.

**Descriptor:** Inyector; simulación; circuito; selección. (Tesauro UNESCO).

## ABSTRACT

The objective of this research was to describe an injector selection criterion based on mathematical models and other engineering methods. Methodologically, a descriptive quantitative study was proposed, taking as a basis an injector to specify technically the components, materials and its operation. In addition, the mathematical model of the current as a function of time of an injector was developed by applying differential equations in electrical circuits, a process used to select an injector appropriately. The results highlighted a simulation of the behavior of the internal mechanism in specialized software, where its mechanical properties such as resistance and the stresses to which it was normally subjected were tested. Thus, as a conclusion, the research experience allowed a better understanding of what an injector is, how it works and why it is so important to select the right one.

**Descriptors:** Injector; simulation; circuit; selection. (UNESCO Thesaurus).

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

## INTRODUCCIÓN

Es importante que un inyector tenga un diseño y una geometría adecuados, debido a que de ello depende la dosificación del combustible en los cilindros del motor. Por este motivo, es imprescindible inculcar en los usuarios un conocimiento referente a las distintas características de los inyectores para que puedan tomar una decisión propia, pero acertada que los impulse a hacer uso de vehículos poco contaminantes. Montiel et al. (2002) expresan que:

Una de las posibilidades para disminuir el consumo de combustibles tradicionales en los vehículos automotores y proporcionar una disminución en las emisiones contaminantes de los gases de escape lo constituye el uso del Gas Natural Comprimido (GNC), también denominado Gas Natural para Vehículo (GNV). (p. 159)

Mantilla et al. (2007) afirman que “en todo caso la inyección de combustible requiere estar acompañada de cierta cantidad de aire, la cual permita la pulverización de la gasolina y por tanto una fácil combustión” (p. 269). El material de elaboración debe ser capaz de soportar las altas temperaturas a las que está sometido externa e internamente, además, debe estar perfectamente sincronizado con la ECU (unidad de control electrónico) del vehículo para el buen funcionamiento del motor. De acuerdo con Riesco et al. (2005) “no cabe duda que los motores de combustión interna alternativos (MCIA) han revolucionado completamente el transporte, la generación de potencia y tal vez han alterado la forma de operar de la sociedad de modo permanente” (p. 36). Gracias al desarrollo de software actuales de diseños asistidos por computador, es posible graficar y comprender de mejor manera el funcionamiento interno de un inyector. Romero et al. (2006) expresan que “de manera general en todos los sistemas electrónicos de inyección se tiene una unidad electrónica de control (UEC), que almacena las señales provenientes de los sensores instalados en los diferentes subsistemas del motor” (p. 191). Para Leguísamo et al. (2019):

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

A nivel mundial se emiten leyes para regular la cantidad de contaminantes emitidos por los motores de combustión a la atmósfera, razón por la cual los fabricantes han desarrollado nuevas tecnologías como vehículos híbridos y eléctricos, pero debido a que este tipo de tecnología todavía no satisface completamente las expectativas de los consumidores, se han visto en la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías usando combustibles fósiles, como la inyección directa a gasolina, con el objetivo de cumplir estas normas. (p.47)

El presente documento presenta diversos criterios y características a tomar en cuenta antes de seleccionar un inyector para un vehículo. Esto permitirá a los usuarios tener el conocimiento técnico suficiente para tomar sus propias decisiones y modificar, de manera responsable, sus motores de acuerdo a su respectiva necesidad, por lo tanto, las personas no estarán sujetas a la opinión y conocimiento de los vendedores de autopartes que solo se preocupan por generar ganancias, sin tomar en cuenta las verdaderas prestaciones del vehículo.

Según Monroy et al. (2020) “en los últimos años, la movilidad eléctrica se ha convertido en un área de interés tanto para la industria automotor como para la investigación” (p. 306). Como evidencia de los esfuerzos del país para mantenerse actualizado, en 2018, la Universidad Politécnica del Ejército desarrolló un documento que especifica diversos modelos matemáticos relacionados con los motores de combustión interna incluyendo el sistema de inyección. Este documento informativo tiene el propósito de ayudar a los estudiantes de ingeniería a generar habilidades cognitivas. Mediante la aplicación de los distintos modelos, se pueden obtener resultados pertinentes a los ciclos de un motor.

En este sentido, el proceso de atomización de un combustible y la mezcla con el aire es determinante en las prestaciones del motor y, gracias a las nuevas tecnologías e investigaciones, se logró reducir, en un porcentaje considerable, la contaminación ambiental en motores de combustión interna. Para Rocha et al. (2018) “en las últimas

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

décadas la problemática de la contaminación del aire ha sido de primordial interés, en el nivel local, regional y global, desde el punto de vista ambiental y de la salud humana” (p. 326). Guerra & Tisné (2021) sugieren en su investigación el uso de vehículos autónomos, los cuales constituyen una alternativa ideal para el empleo óptimo del combustible. Para García et al. (2013) los motores de combustión interna son imprescindibles en la sociedad de los días presentes.

Por todo lo dicho, el presente estudio planteó como objetivo describir un criterio de selección de inyectores basado en modelos matemáticos y demás métodos de ingeniería, a fin de describir la forma en la cual funciona un inyector de manera apropiada.

## **MÉTODO**

El proceso de investigación requirió de un análisis cuantitativo, puesto que se analizaron datos numéricos mediante cálculos, a fin de entender el comportamiento de un inyector de gasolina y, de una metodología descriptiva, puesto que el principal propósito de este estudio fue describir cómo se comporta un inyector de gasolina y sus principales características para poder realizar un modelo en 3D. En el caso del estudio de Rocha et al. (2019) los autores determinaron que:

Si bien se obtienen menos obstrucciones en los microfiltros al emplear gasolina al 5 % de etanol, también se obtiene un aumento de azufre en los depósitos, lo cual provocaría mayores emanaciones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) al ambiente con consecuencias negativas a la salud. (p. 37)

Es por ello que se requiere del presente estudio, el cual busca comprender la cantidad de gasolina que se debe emplear para evitar la contaminación ambiental por vehículos. Por otro lado, en la parte de los cálculos referentes al inyector y al momento de establecer el modelo 3D del mecanismo interno del inyector, se siguió una modalidad

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

experimental, debido a que no existen demasiados documentos encargados de la simulación del mecanismo interno.

Además, se empleó la revisión bibliografía documental actualizada como herramienta principal de investigación y se utilizaron herramientas computacionales y manuales para desarrollar correctamente los cálculos respectivos del inyector y modelo 3D.

## RESULTADOS

Los resultados se precisan a través de tablas y figuras que sintetizan el sistema interno de los mecanismos empleados por un inyector. A continuación, se inicia con las propiedades mecánicas del acero inoxidable 316 especificadas en la tabla 1.

**Tabla 1.**  
Propiedades mecánicas del acero inoxidable 316.

<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Módulo de elasticidad	$1.93 \cdot 10^{11}$	Pa
Coefficiente de Poisson	$2,70 \cdot 10^{-1}$	adimensional
Densidad	$8.0 \cdot 10^3$	kg/m <sup>3</sup>
Tensión última de tracción	$6.89 \cdot 10^8$	Pa
Límite elástico de tracción	$5.15 \cdot 10^8$	Pa
Esfuerzo de fluencia	$5.15 \cdot 10^8$	Pa

**Fuente:** SimSloid (2022).

En el resorte del inyector se empela un tipo distinto de acero inoxidable especialmente uno de denominación 17-7PH, que posee excelentes propiedades elásticas. Seguidamente, se muestra la tabla 2.

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

**Tabla 2.**  
 Propiedades mecánicas del acero inoxidable 17-7PH.

<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Módulo de elasticidad	2,04*10 <sup>11</sup>	Pa
Coeficiente de Poisson	2.70*10 <sup>-1</sup>	adimensional
Densidad	7.80*10 <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>
Tensión última de tracción	1.38* 10 <sup>9</sup>	Pa
Límite elástico de tracción	1.21* 10 <sup>9</sup>	Pa
Esfuerzo de fluencia	1.21*10 <sup>9</sup>	Pa

**Fuente:** SimSloid (2022).

### Tamaño del inyector

El tamaño del inyector influye en la cantidad de combustible que es capaz de inyectar en una determinada unidad de tiempo.

$$Tamaño\ iny = \frac{HP \cdot BSFC}{N_{iny} \cdot Ciclo\ de\ trabajo} \quad [1]$$

Donde:

HP=Potencia del motor

BSFC=Consumo específico neto (Motor turbo=60lb; Motor normal=50lb)

Ciclo de trabajo= Generalmente 80%=0,8

N<sub>iny</sub>= Número de inyectores

### Cálculo del tamaño del flujo de un inyector

Aplicando la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** del flujo de inyector, se desarrolló una hoja de cálculo en la cual se puede calcular automáticamente el caudal de un inyector de acuerdo a distintas variables. A continuación se muestra la tabla 3.

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

**Tabla 3.**  
Cálculo del tamaño de un inyector.

<b>DATOS DE ENTRADA</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Magnitud</b>	<b>Unidad</b>
Potencia	243	HP
Consumo específico neto	0,55	lb
Ciclo de trabajo	80	%
Número de inyectores	6	_____
<b>RESULTADO</b>		
Flujo de inyección	27,84375	lb/h
	292,35938	cc/min

**Elaboración:** Los autores.

Una vez obtenido el flujo deseado se procede a seleccionar un inyector que cumpla con esta característica, lo cual es especificado en la figura 1.



**Figura 1.** Inyector de 28 lb/h.  
**Fuente:** Amazon.com (2023).



Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

**Tabla 4.**  
Designación de distintos inyectores.

BOSCH IDENTIFICACIÓN	FLUJO		IMPEDANCIA	APLICACIÓN
	lbs/hr	cc/min		
0-280-150-930	14.35	150.8	High	-
0-280-150-931	18.25	191.8	High	Ford truck 6-4.0L
0-280-150-932	28.85	303.2	High	-
0-280-150-933	29	304.8	High	-
0-280-150-934	28.05	294.8	High	Dodge v6-3.0L, Pontiac v6-3.8L
0-280-150-935	16.45	172.9	Low	-
0-280-150-936	18.1	190.2	Low	-
0-280-150-937	13.5	141.9	High	Ford 1.9L, 2.3L, 6-4.9L
0-280-150-938	13.5	141.9	High	Ford 1.9L, 2.3L, 6-4.9L

**Fuente:** Neyra (2010).

De acuerdo a la tabla 4, un inyector capaz de brindar la potencia requerida en un auto es uno con la designación Bosch 0-280-150-934, componente típico de autos Dodge y Pontiac.

### **Cálculo del circuito de un inyector**

Mediante la aplicación de métodos de resolución de ecuaciones diferenciales en circuitos eléctricos de corriente alterna, se hizo un cálculo que permitió obtener la siguiente ecuación que representa la corriente en función del tiempo de un inyector.

$$i(t) = \frac{E}{R} \left( 1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right) \quad [2]$$

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

### Valores del Circuito RL de fuente de corriente continua

El valor de la fuente pertenece al voltaje que provee la batería y, generalmente, es 12V mientras que los valores de la resistencia y de la inductancia fueron medidos con la ayuda de un multímetro.

1.  $L = 6,75 \times 10^{-3} H$
2.  $R = 14 \Omega$
3.  $E = 12V$

### Valor de la corriente máxima del circuito

El circuito presenta una corriente máxima que se obtiene al dividir el valor de la fuente con el de la resistencia. El sistema solo tendrá valores cercanos a esta corriente.

$$I = \frac{E}{R}$$

$$I = \frac{12V}{14\Omega} = \frac{6}{7} A = 0,8571A$$

### Valor de la constante de tiempo

Representa el Intervalo para que sea el 63,2% de la corriente máxima.

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{6,75mH}{14\Omega} = 0,4821ms$$

$$\frac{R}{L} = \frac{1}{\tau}$$

### Ecuación del Inyector seleccionado

$$i(t) = \frac{12V}{14\Omega} \left( 1 - e^{-\frac{1}{0,4821}t} \right)$$

$$i(t) = \frac{6}{7} \left( 1 - e^{-\frac{1}{0,4821}t} \right)$$

[3]

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

Con este modelo matemático es posible determinar la corriente que circula en un determinado tiempo.

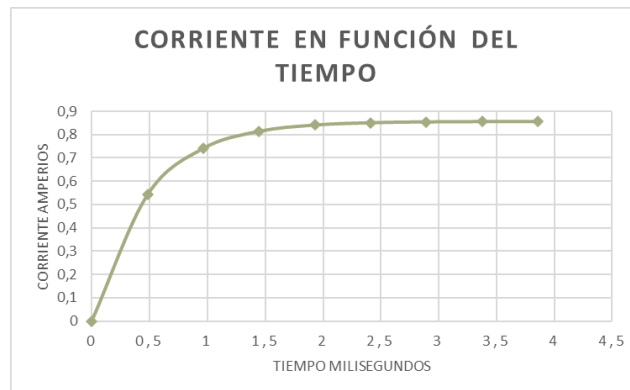
A continuación, se muestra la tabla 5 de la función de la corriente del inyector, en atención a los valores correspondientes de la corriente que circula por el circuito.

**Tabla 5.**

Valores correspondientes de la corriente que circula por el circuito.

$\tau$	Tiempo ms	Corriente A
0 $\tau$	0	0
1 $\tau$	0,4821	0,542
2 $\tau$	0,9642	0,741
3 $\tau$	1,4463	0,814
4 $\tau$	1,9284	0,841
5 $\tau$	2,4105	0,851
6 $\tau$	2,8926	0,855
7 $\tau$	3,3747	0,856
8 $\tau$	3,8568	0,857

**Elaboración:** Los autores.



**Figura 2.** Corriente en función del tiempo.

**Elaboración:** Los autores.

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

En la figura 2, se puede evidenciar que aproximadamente a partir de  $5\tau$ , que es equivalente a 2,4105 ms, la curva comienza a aproximarse al valor de corriente máxima que es 0,851 A.

### Cálculo de la fuerza que acciona el mecanismo

Antes de realizar la simulación, es necesario entender y definir las distintas fuerzas que actúan en el mecanismo. En el caso de un inyector, la única fuerza que interviene en el accionamiento del mecanismo es la fuerza magnética que produce la bobina, la cual se calcula con la siguiente fórmula (España Patente nº 054981 A1, 2011):

$$F = \frac{\mu_0 N^2 I^2 A}{2\ell^2} \quad [4]$$

Por lo tanto, sabiendo que:

$$F = \text{Fuerza de atracción (N)}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \frac{\text{m}}{\text{A}}$$

$$N = 627$$

$$I = 0,8571\text{A}$$

$$D = 0,015\text{m}$$

$$\ell = 0,013\text{m}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 1,7671 \times 10^{-4} \text{m}^2$$

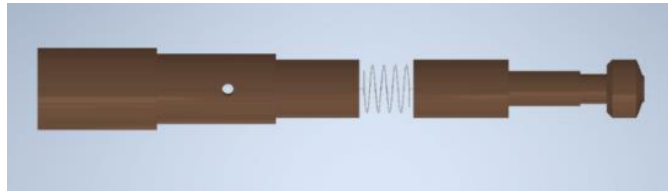
La magnitud de la fuerza que acciona el mecanismo es la siguiente:

$$F = 0,1897\text{N}$$

### Prototipo CAD

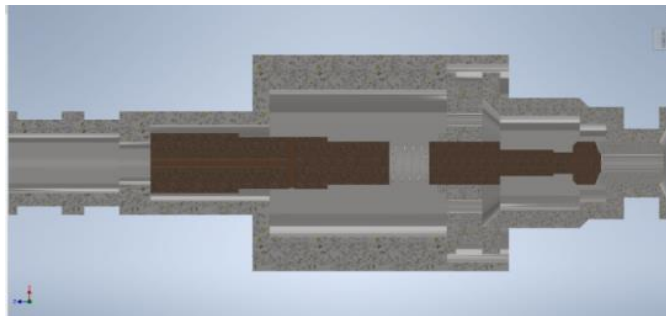
Una vez seleccionado el inyector, se procede a realizar una simulación de su mecanismo interno para lo cual se realizó un prototipo CAD detallado a continuación en las figuras 3, 4 y 5.

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano



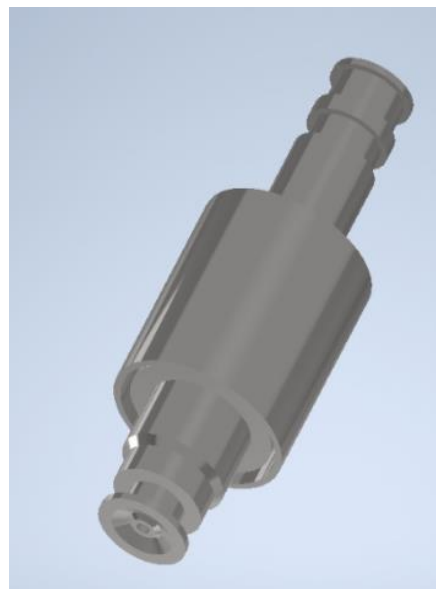
**Figura 1.** Mecanismo interno del inyector.

**Elaboración:** Los autores.



**Figura 4.** Vista del corte del inyector.

**Elaboración:** Los autores.



**Figura 5.** Modelo 3D del inyector seleccionado.

**Elaboración:** Los autores.

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

### Simulación del mecanismo interno del inyector

Con el apoyo de herramientas computacionales de simulación, se procedió a simular el comportamiento del mecanismo interno del inyector, empleando la fuerza magnética producida por la bobina como la carga de accionamiento. A continuación se muestran las figuras 6 y 7.

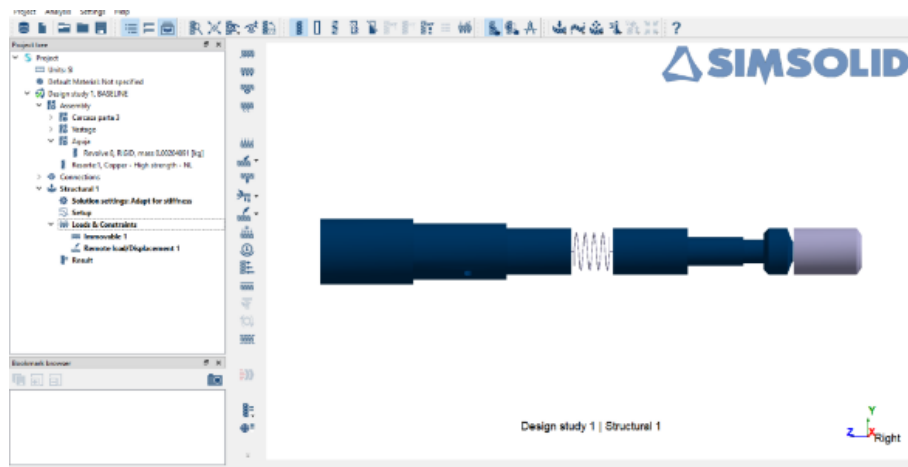


Figura 6. Interfaz del software de simulación

Elaboración: Los autores.

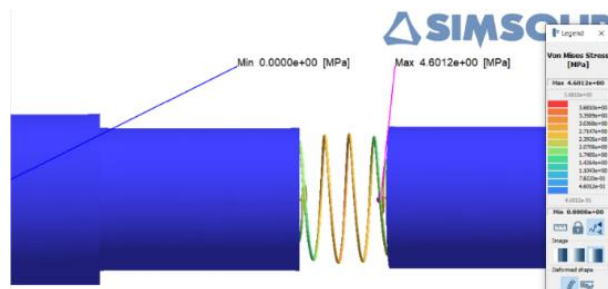


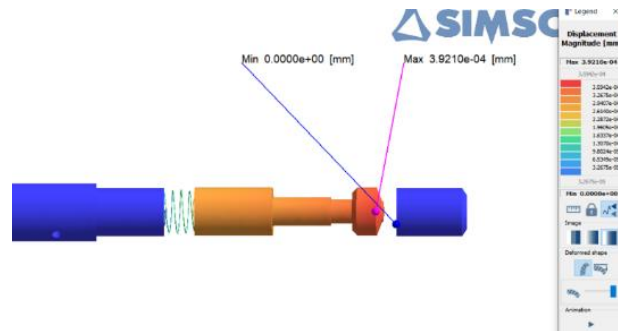
Figura 7. Esfuerzo del mecanismo.

Elaboración: Los autores.

Se realizaron dos pruebas: una de desplazamiento y otra de esfuerzo de Von Mises. En la primera prueba, se registró un desplazamiento máximo de  $3,921 \times 10^{-4}$  mm. Por su

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

parte, el esfuerzo de Von Mises máximo fue de 4,6012 MPa. A continuación se muestra la figura 8.



**Figura 8.** Valores de desplazamiento.  
**Elaboración:** Los autores.

## DISCUSIÓN

Los resultados de los respectivos cálculos y de la simulación fueron satisfactorios, puesto que todo estuvo dentro de los rangos normales esperados. Además, el presente trabajo puede, en su totalidad, ser aplicado en la vida real para que, mediante la realización de cálculos, se pueda tomar una decisión correcta al momento de hacer un cambio de inyectores, además de entender de mejor manera su funcionamiento.

El mayor problema relacionado al mundo de los inyectores de combustible es la dificultad para acceder a la información de estos, especialmente en la región ecuatoriana, ya que la población no tiene el conocimiento necesario acerca de estos temas. Mediante el presente documento se propone continuar con las investigaciones nacionales para que las tecnologías sigan progresando y, a su vez, los conocimientos técnicos y tecnológicos.

También se sugiere a toda la comunidad científica del país y del subcontinente, tomar la iniciativa para sumergirse dentro del emocionante mundo del diseño de autopartes para no limitarse a la compra de repuestos ya fabricados, sino que, mediante la ingeniería,

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

poder elaborar inyectores o cualquier otro componente como parte de la innovación tecnológica de la región.

## **CONCLUSIONES**

En base al análisis realizado, se concluye que un inyector está conformado por cuatro partes principales: la aguja, que es la encargada de abrir el paso al combustible; la bobina, que es la que suministra la fuerza electromagnética para levantar la aguja; el muelle, que regresa a la aguja al estado de reposo; y, finalmente, el cuerpo, que se clasifica en tobera y cabeza. La tobera es la parte inferior del inyector que almacena y protege a la aguja, mientras que la cabeza es la mitad superior, donde se conecta la alimentación eléctrica y de combustible con un microfiltro.

Para finalizar, un inyector tradicional está conformado por tres tipos distintos de materiales que son: el cuerpo acero ultrarresistente recubierto por una capa de polímero para que aísla el calor; el muelle es de acero inoxidable al igual que la aguja, aleación alta en hierro, mientras que la bobina está hecha de cobre esmaltado para ayudar a la generación del campo magnético. Los materiales seleccionados deben ser capaces de resistir altas temperaturas y la corrosión química, la cual puede surgir a causa de la constante exposición a la gasolina.

En conclusión, un inyector es un elemento electromecánico encargado de proveer de combustible al motor de combustión interna y, para poder hacerlo de forma correcta, debe tener el tamaño ideal, a fin de poder ofrecer la cantidad específica requerida. Para ello, existe un modelo capaz de calcular dicho valor del flujo en base a una serie de datos de entrada, los cuales son las prestaciones, las características del vehículo y la potencia. El valor arrojado debe ser comparado con los distintos modelos de inyectores existentes en el mercado. Esta técnica es de mucha utilidad, ya que cualquier persona que no encuentre el repuesto original del inyector dañado, puede ayudarse con esta herramienta para encontrar uno que posea las mismas prestaciones.



Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

Se concluye que el circuito de un inyector está conformado por una fuente electromotriz, una resistencia y una bobina (LR). La deducción del modelo matemático de un inyector se realiza gracias a la aplicación de cálculo diferencial y se obtuvo la siguiente función:

$$i(t) = \frac{6}{7} \left( 1 - e^{-\frac{1}{0,4821}t} \right)$$

Para concluir, el modelo 3D permitió conocer de mejor manera el funcionamiento del mecanismo del inyector, y la simulación permitió comprobar que todos los elementos funcionan correctamente.

## FINANCIAMIENTO

No monetario.

## AGRADECIMIENTOS

A todos los autores por sus relevantes aportes en el análisis documental del presente estudio.

## REFERENCIAS CONSULTADAS

- García, G., Chacón, J., & Chaves, A. (2013). Modelado de la combustión en motores Diésel: revisión del estado del arte. [Modelling of combustion in Diesel engines: a review of the state of the art]. *Revista ION*, 26(1), 41-54. <https://n9.cl/7reoa>
- Guerra, R., & Tisné, J. (2021). Vehículos autónomos y estado de necesidad: Análisis desde la perspectiva del peatón sujeto a una situación de peligro. [Autonomous vehicles and the state of necessity: Analysis from the perspective of the pedestrian subject to a dangerous situation]. *Revista chilena de derecho y tecnología*, 10(2), 103-122. <https://n9.cl/zb2yq>
- Leguísamo, J., Celi, S., Llanes, E., & Rocha, J. (2019). Estratificación de un motor de inyección directa a gasolina al variar la altitud. [Stratification of a gasoline direct injection to vary altitude]. *Revista Ciencia Unemi*, 12(30), 46-56. <https://n9.cl/9c3gyq>

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

- Mantilla, J., Galeano, C., & Ochoa, J. (2007). Prediseño y simulación de un sistema de inyección directa para un motor de combustión interna de dos tiempos. [Pre-design and simulation of a direct injection system for a two-stroke internal combustion engine]. *Scientia Et Technica*, XIII(34), 267-272. <https://n9.cl/ny9uu>
- Monroy, C., Siachoque, C., Durán, I., & Marulanda, A. (2020). Estudio comparativo de un sistema de freno regenerativo y regeneración con energía cinética constante en vehículos eléctricos de batería. [Comparative study of a regenerative braking system and regeneration with constant kinetic energy in battery-based electric vehicles]. *Ingeniería*, 25(3), 305-322. <https://n9.cl/1311f>
- Montiel, V., Machado, A., Araujo, C., & Ochoa Álvaro. (2002). Determination of a vehicle's fuel consumption through the simulation its dynamic behavior. [Determinación del consumo de combustible de un vehículo mediante la simulación de su comportamiento dinámico]. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia*, 25(3), 158-165. <https://n9.cl/rwt0sr>
- Riesco, J., Gallegos, A., Montefort, J., & Martínez, S. (2005). Procesos alternativos de combustión en motores de combustión interna. [Alternative combustion processes in internal combustion engines]. *Acta Universitaria*, 15(1), 36-54. <https://n9.cl/g997ad>
- Rocha, J., Llanes, E., Andrade, J., Caiza, L., & Leguísamo, J. (2019). Incidencia del uso de gasolina extra y mezcla al 5 % con etanol anhidro en los microfiltros de los inyectores multipunto. [Incidence of the use of extra gasoline and mixing to the 5 % with anhydrous ethanol in the microfilters of the multipoint injectors]. *Enfoque UTE*, 10(2), 28-38. <https://n9.cl/utdgi>
- Rocha, J., Tipanluisa, L., Zambrano, V., & Portilla, Á. (2018). Estudio de un motor a gasolina en condiciones de altura con mezclas de aditivo orgánico en el combustible. [Study of a gasoline engine in altitude conditions with mixtures containing organic additive in the fuel]. *Información tecnológica*, 29(5), 325-334. <https://n9.cl/5lzly>
- Romero, C., Márquez, J., & Orozco, J. (2006). Módulo de un sistema de inyección electrónico de gasolina basado en el microcontrolador INTEL 8751 [3]. [Module of an electronic fuel injection system based on the intel 8751 microcontroller [3]]. *Scientia Et Technica*, XII(30), 191-196. <https://n9.cl/k46pt>

**CIENCIAMATRIA**

**Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología**

Año X. Vol. X. N°2. Edición Especial II. 2024

Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Giovanny Vinicio Pineda-Silva; José Pablo Proaño-Remache; Hernán Rodrigo Castro-Rojas; Carlos Enrique Pérez-Manzano

©2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)