

Caracterización del inyector unitario operado hidráulicamente controlado electrónicamente de vehículos comerciales

*Characterization of the electronically controlled hydraulically operated
unit injector of commercial vehicles*

¹ José Vicente Manopanta Aigaje
ymanopanta@tecnologicoismac.edu.ec
Instituto Tecnológico Universitario ISMAC

 <https://orcid.org/0000-0002-2813-265X>



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 08/11/2022

Revisado: 22/12/2022

Aceptado: 04/01/2023

Publicado: 06/02/2023

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i1.2.2493>

Cítese:

Manopanta Aigaje, J. V. (2023). Caracterización del inyector unitario operado hidráulicamente controlado electrónicamente de vehículos comerciales. *ConcienciaDigital*, 6(1.2), 99-115. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i1.2.2493>



CONCIENCIA DIGITAL, es una Revista Multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec

Esta revista está protegida bajo una licencia *Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International*. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras claves:

Sistemas de inyección, hidráulicamente operado electrónicamente controlado inyector unitario, motor a diésel, control electrónico, vehículos comerciales.

Keywords:

Injection systems, hydraulically operated electronically controlled unit injector, diesel engine, electronic control, commercial vehicles.

Resumen

Introducción. El presente trabajo de investigación tiene como finalidad identificar y profundizar las características del Inyector Unitario Hidráulicamente operado Electrónicamente controlado.

Objetivo. Analizar los elementos eléctricos, dispositivos electrónicos y su lógica de trabajo en conjunto, así como otros desarrollos tecnológicos para lo cual esta tecnológica de inyección sea la de vanguardia en esta área de trabajo.

Resultado. La importancia del sistema de inyección para reducir el consumo de combustible y por tanto reducir los gases calientes que producen los vehículos comerciales, así como estudiar la eficiencia de los inyectores con la eficiencia del motor y la potencia del motor ya que depende de varias variables de estudio para el trabajo específicos de los sistemas. **Metodología:** Para este estudio, se revisó de una forma analítica y literaria basada en una revisión exhaustiva de artículos científicos, proyectos de estudiantes e informes relacionados de impacto académico que harán a los lectores tener una visión clara de este tipo de sistema de inyección diésel. **Conclusión.** El sistema HEUI requiere de elevadas exigencias formuladas al confort de marcha, así como siguen influyendo en el desarrollo de modernos motores diésel

Área de estudio: Ingeniería Electrónica.

Abstract

Introduction. The purpose of this research work is to identify and deepen the characteristics of the Electronically Controlled Hydraulically Operated Unit Injector. **Objective.** Analyze electrical elements, electronic devices, and their working logic together, as well as other technological developments for which this injection technology is the forefront in this area of work.

Result. The importance of the injection system to reduce fuel consumption and therefore reduce the hot gases produced by commercial vehicles, as well as to study the efficiency of the injectors with the engine efficiency and engine power since it depends on several variables of study for specific systems work.

Methodology. For this study, it was reviewed in an analytical and literary way based on a comprehensive review of scientific articles, student projects and related reports of academic impact that will make readers have a clear vision of this type of diesel injection system. **Conclusions.** The HEUI system places high

demands on driving comfort and continues to influence the development of modern diesel engines.

Study area: Engineering.

Introducción

El motor diésel tiene una excelente reputación por su bajo costo de instalación, alta eficiencia energética, alta estabilidad y también su extrema flexibilidad para una variedad de condiciones de operación (Litwin et al., 2019; Ashraful et al., 2014). Los combustibles fósiles, con las tasas de consumo actuales, se están agotando (Mirhashemi et al., 2020). Por lo tanto, existe un interés creciente en la transición hacia combustibles alternativos renovables, sostenibles y amigables con el medio ambiente.

El sector transporte ha sobrepasado al sector energía como la mayor fuente contaminante de carbono y otros componentes, mismos que contribuyen de manera significativa al efecto invernadero y el calentamiento global (Tipanluisa et al., 2017). Tras el Foro Internacional de Transporte las emisiones de CO₂ representan el 23% a nivel mundial y 30% de las emisiones totales de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles (Krajzewicz et al., 2015). También, el transporte es la mayor fuente de contaminantes convencionales del aire, que son los responsables de la mayor carga de ozono y material particulado en las zonas urbanas (Ghorani-Azam et al., 2016).

En las últimas décadas, la contaminación del aire ha superado los requisitos permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por lo tanto, el objetivo de los científicos ambientales es medir la cantidad de contaminación y analizar los posibles efectos sobre la salud humana, los materiales y el ecosistema en general. Una de las fuentes de contaminación del aire proviene del sector transporte (Puente, 2018).

HEUI (Hidráulicamente operado Electrónicamente controlado Inyector Unitario) es el sistema de combustible que representa una de las innovaciones más significantes en la tecnología del motor diésel en décadas. HEUI supera muchas de las limitaciones de los sistemas mecánicos y de los inyectores electrónicos convencionales, y se apega a las nuevas normas para la eficacia de combustible, fiabilidad y control de emisiones. Se lo encuentra como el equipo en motores CAT® que se adaptan fácilmente en varios tipos de vehículos y máquinas, el sistema de HEUI es muy sofisticado usa la energía hidráulica en lugar de la energía mecánica para operar los inyectores de combustible (Glasse et al., 1993).

Estos sistemas podrían proporcionar las características requeridas por un motor avanzado, como una cantidad de inyección más precisa, una sincronización de inyección más

flexible y una presión de inyección más alta, en comparación con los sistemas de inyección mecánica convencionales. Una alta presión de inyección combinada con una boquilla de diámetro de orificio pequeño puede proporcionar una mejor formación de aspersión, debido a las gotas iniciales más finas que salen de la boquilla, con una mayor velocidad; una mejor incorporación de aire y mezcla de aire y combustible (Wang et al., 2003); una mezcla más homogénea, con una relación de equivalencia local más baja y menos regiones ricas. Se ha informado que el logro de estos factores es clave para la generación de un proceso de combustión con bajo nivel de humo, así como para la reducción de las emisiones de partículas (Pierpont & Reitz, 1995; Kato et al., 1989).

Esta investigación pretende dar una revisión a todo lo referente a HEUI (Hidráulicamente operado Electrónicamente controlado Inyector Unitario) es el sistema de combustible de referente actual en los motores diésel, se revisa todos los tipos de inyección de combustible y sus diferentes tipos de estrategias para su control y eficiencia.

Metodología

Esta investigación se presenta con la metodología de revisión bibliográfica, cuyo propósito es consultar a diversos autores para discutir conclusiones y resultados, la revisión de literatura significa descubrir, consultar y obtener bibliografía (referencias), y otros materiales útiles para la investigación, de los cuales debemos extraer y recopilar información importante y necesaria para nuestro problema de investigación. Por un lado, es de tipo documental, porque el investigador realiza una búsqueda de información de segunda mano cuando busca y selecciona información que ya está documentada: registrada, compilada y clasificada.

Esta investigación se realizó en una revisión de diversos artículos, libros, trabajos de grado, proyectos, revistas científicas y fuentes verificables que aseguren la credibilidad de los conceptos y análisis presentados (Karolys et al., 2019).

Resultados y Discusión

Configuración general

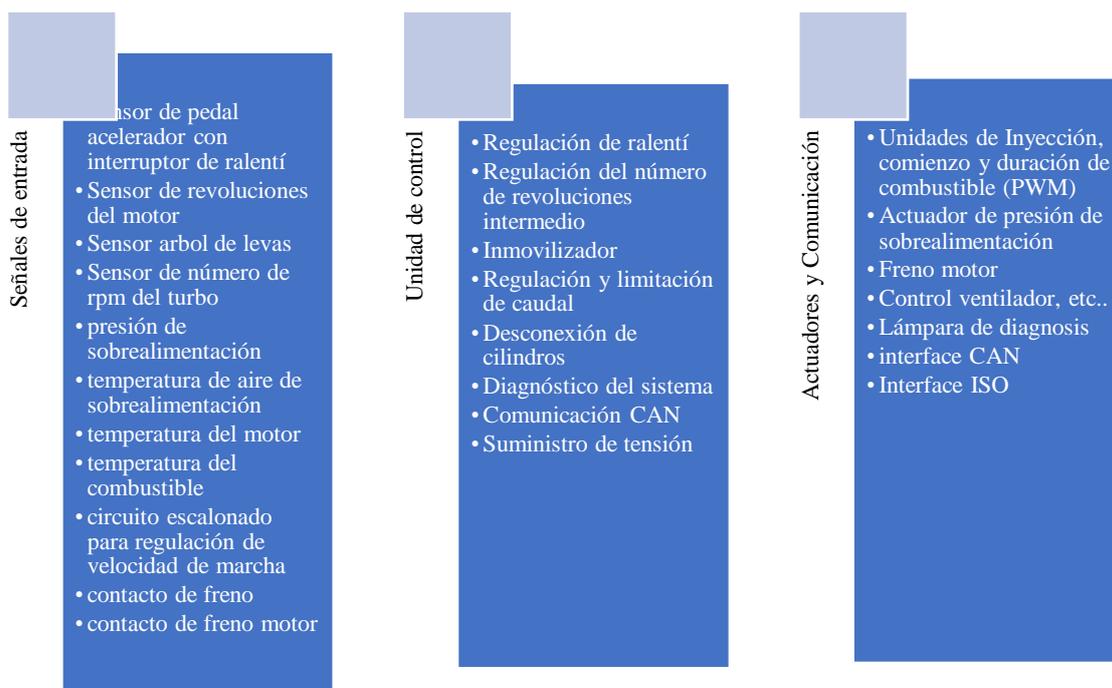
Los HEUI que usan el sistema constan de cuatro componentes principales: 1. El inyector HEUI usa energía hidráulica (a diferencia de la energía mecánica del árbol de levas del motor) aceite de motor para presurizarlo para la inyección. Presión de combustible entrante (800 a 3300 psi) proporciona control de inyección, mientras que la cantidad de combustible inyectado es determinada por el ECM. 2. El módulo de control electrónico (ECM) es una computadora de a bordo que controla con precisión la inyección de combustible y otros sistemas del motor. El solenoide del inyector HEUI opera el con una señal electrónica de 105 voltios generada por el ECM. Las señales de entrada del son generadas por varios sensores, los dos microprocesadores del ECM usan el software

interno del y trabajan con el módulo de personalidad para controlar los parámetros operativos del para garantizar el mejor rendimiento posible del motor en todas las condiciones. 3. La bomba de aceite de volumen constante y alta presión funciona con el pistón axial y dirige el aceite inmediatamente a las salidas que lo necesitan para fluir. La válvula de control de alta presión de la línea de aceite está controlada electrónicamente y la está controlada por el rendimiento de la bomba de aceite y la presión de inyección.

Las elevadas exigencias formuladas al confort de marcha siguen influyendo en el desarrollo de modernos motores Diesel. También la reducción del ruido es objeto cada vez de mayores exigencias, en relación con la regulación de ralentí independiente de la carga; realimentación de gases de escape; regulación de la velocidad de marcha; tolerancias reducidas del momento y caudal de inyección y alta precisión. Todo esto a una creciente integración de componentes electrónicos, que se instalan en un espacio pequeñísimo. En la figura 1, se aprecia las variables de trabajo de entrada, gestión integrada y de actuación en el sistema HEUI.

Figuras 1

Esquema del sistema HEUI y sus variables de trabajo



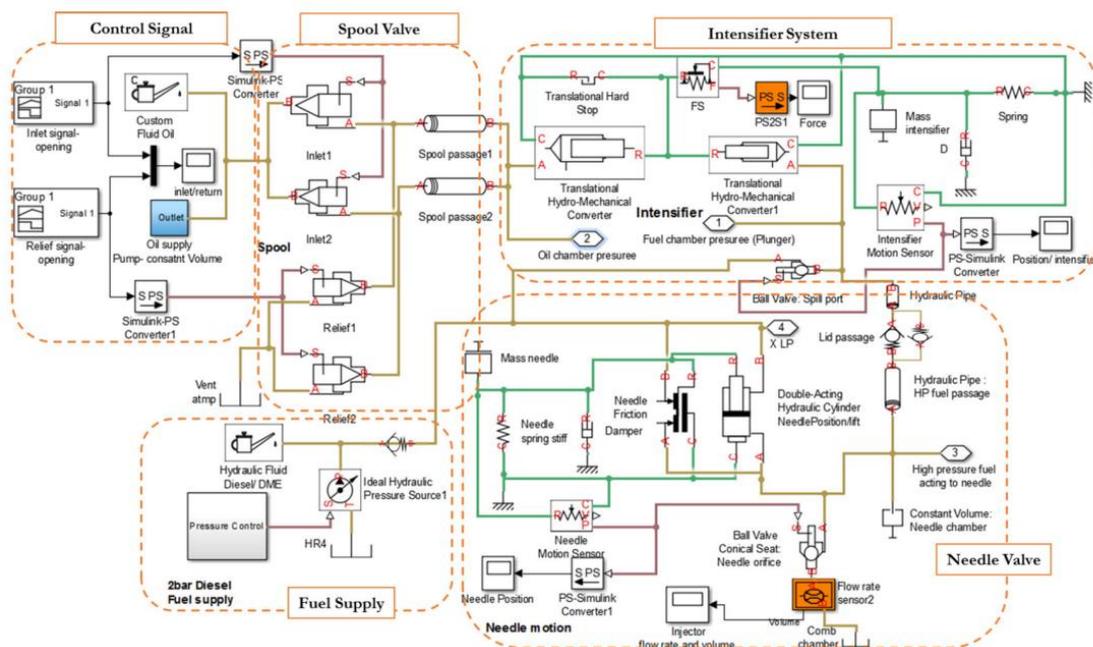
Particularidades actuales del sistema

La figura 2, muestra el esquema del diseño del modelo contiene cinco bloques principales generador de señal de entrada/alivio, válvula de carrete de aceite, intensificador, cámara

de combustible y válvula de aguja. Donde se mejoró el entendimiento del sistema. El inyector se modeló utilizando el entorno MATLAB/Simulink. Por ejemplo, El intensificador y el émbolo dentro del cilindro del inyector están modelados como un cilindro hidráulico de doble acción con topes duros. En este subsistema, la masa, el amortiguador y el resorte se consideran para calcular el movimiento del émbolo, así como la presión del aceite, la presión del combustible y la fuerza de precarga del resorte. El cilindro hidráulico de doble efecto tiene la capacidad de definir dos fluidos de trabajo diferentes para dos lados del pistón. El artículo también incluye la adaptación del inyector a boquillas de un solo orificio. El inyector de orificio único (SH) se usaría en estudios de combustión y pulverización dedicados que respaldan el trabajo de modelado DME de cinética química. De los resultados tenemos que el DME da como resultado un volumen total inyectado más alto (aproximadamente 12 %) a la misma presión y duración cuando se prueba y simula con la misma boquilla que el diésel; sin embargo, debido al menor contenido de energía en el DME (aproximadamente 33 %), es necesario aumentar el tamaño de la boquilla para obtener la duración de la inyección equivalente a la misma presión.

Figuras 2

Modeló utilizando el entorno MATLAB/Simulink

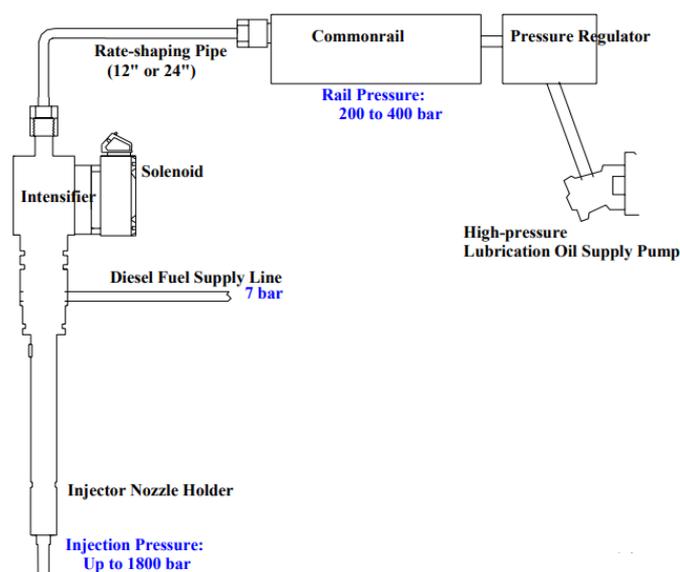


Las figuras 3 y 4 muestran un esquema del sistema HEUI y su intensificador respectivamente. La bomba de combustible de baja presión suministra constantemente combustible al inyector a una presión de alrededor de 7 bar. El intensificador intensifica la presión en una relación de área de aproximadamente 7:1 y la presión de inyección

puede alcanzar presiones máximas de 1800 bar. Sin embargo, a partir de los valores medidos, la relación entre la presión de inyección y la presión del conducto común fue de alrededor de 3,5. Esto se debe a una caída considerable en la presión del aceite lubricante a medida que fluye desde el riel común hasta la parte superior del pistón intensificador. Una válvula de retención unidireccional permite que el combustible de la bomba de baja presión llene la cámara del pistón del intensificador. Se utiliza una segunda válvula de retención para absorber la onda de presión en el pasaje que conecta el pistón intensificador con la boquilla. Cuando la presión de inyección es mayor que la presión de apertura de la aguja (alrededor de 350 bar) se inicia la inyección de combustible. Además, las presiones de apertura y cierre de la válvula son diferentes. Se utiliza un sensor de desplazamiento de tipo transformador diferencial variable lineal (LVDT) para detectar la elevación de la aguja. Una clave para controlar la formación de rociado de combustible, la atomización del combustible, el tamaño de las gotas, la velocidad de las gotas y la formación de contaminantes es optimizar el perfil de la tasa de inyección. La forma de la tasa de inyección determina los niveles de emisión de hidrocarburos, humo y NOx y la liberación total de calor (Mulemane et al., 2004).

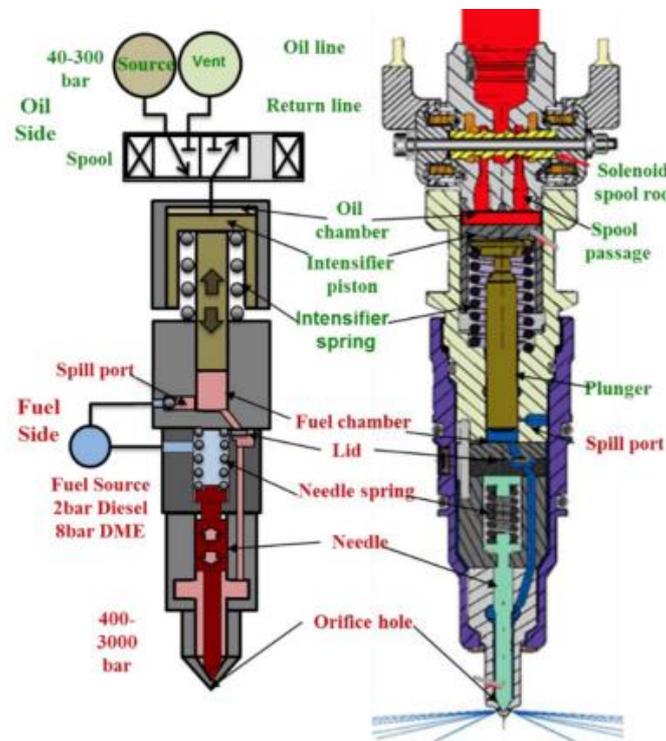
Figuras 3

Sistema HEUI simplificado



Figuras 4

Inyector sistema HEUI



Comportamiento de la inyección HEUI y sus mejoras

La curva de inyección depende directamente de la forma de la leva. Están diseñados para que el émbolo se ascienda más lento durante el llenado de la bomba, para prevenir el arrastre de aire, y descienda más rápido durante la inyección, para lograr la presión de suministro adecuada (Castillejo, 2014).

La preinyección de estas unidades inyector-bomba utilizadas, se puede dividir en cuatro fases.

La primera fase o posición inicial (a) en esta fase la aguja del inyector y el émbolo del acumulador se encuentran en su asiento. La electroválvula está en posición abierta, por lo que la presión no puede aumentar.

La segunda fase o comienzo de la preinyección (b), cuando se cierra la electroválvula, la presión aumenta paulatinamente hasta alcanzar la presión de apertura del inyector para la preinyección, la aguja del inyector se levanta e inicia la inyección previa.

Esta presión es menor que la necesaria para la inyección principal casi 180 bares debido a que el muelle se encuentra menos comprimido. Durante esta fase, se limita hidráulicamente la carrera de la aguja del inyector mediante una unidad de amortiguación.

La tercera fase o fin de la preinyección (c), La presión sigue en aumento levantando el émbolo acumulador de su asiento y se establece una comunicación entre la cámara de alta presión y la cámara de acumulación. La disminución de presión originada y el aumento simultáneo de la tensión previa del muelle de compresión hacen que la aguja del inyector se cierre, finalizando la inyección (Glassey et al., 1993).

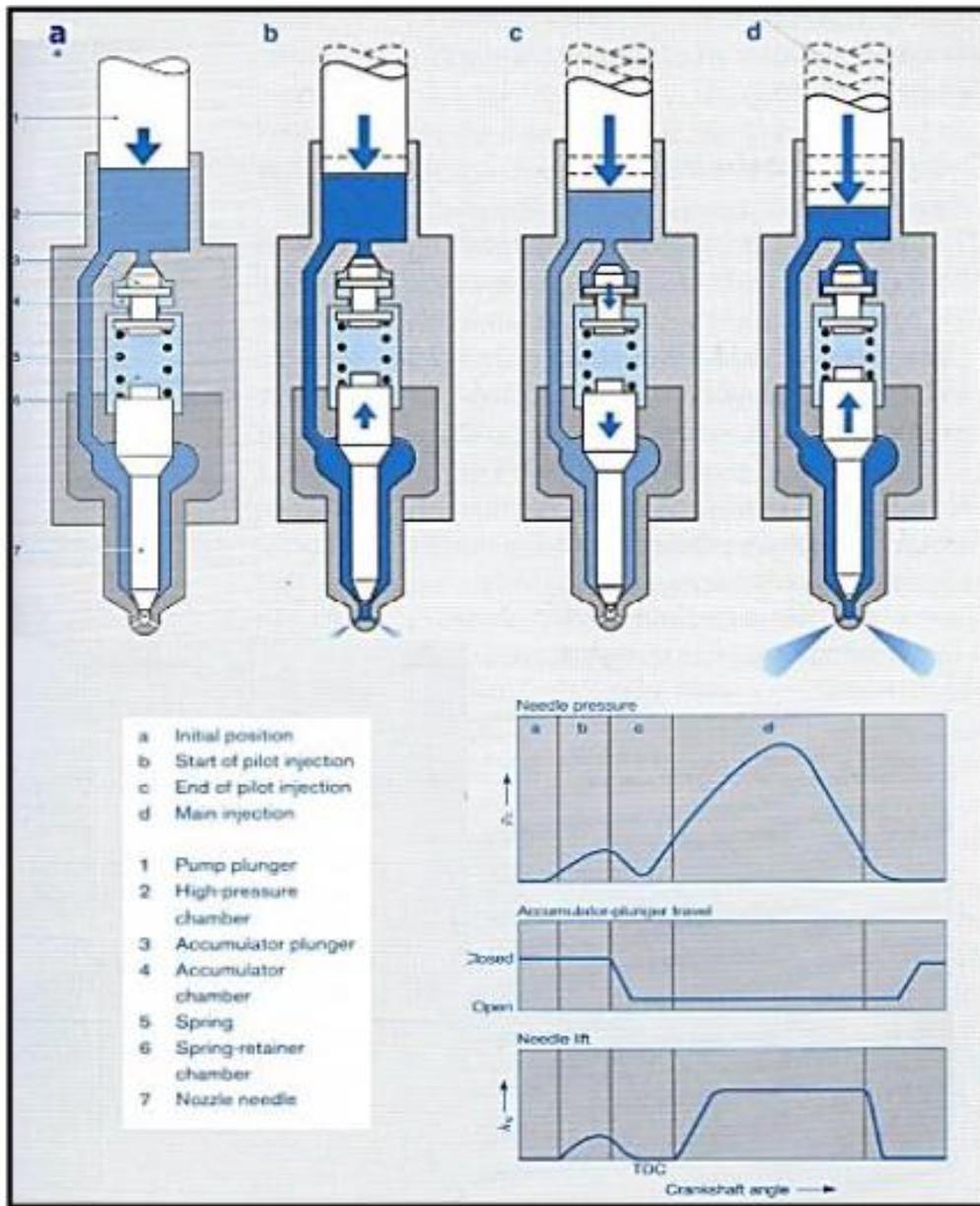
La cantidad de combustible inyectado es del orden de 1.5 milímetros cúbicos y depende de la presión de apertura y de la elevación del émbolo acumulador.

En la cuarta fase o comienzo de la inyección principal, debido al continuo aumento de la presión en la cámara de alta presión. Por la compresión del muelle, la presión requerida ahora para la apertura de la aguja es de 300 bares aproximadamente. Al alcanzarse la presión de apertura, comienza la inyección principal.

El intervalo de tiempo entre la inyección previa y la principal está determinado por la elevación del émbolo acumulador y por la velocidad del motor. Suele estar aproximadamente entre 0,2 y 0,6 milisegundos (Castillejo, 2014).

Figura 5

Funcionamiento del Inyector en el proceso de la Inyección



Fuente: Bosch (2020)

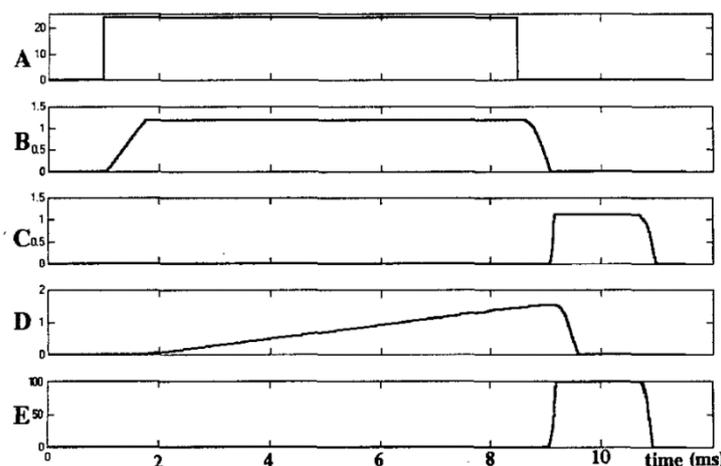
Se realizaron varias simulaciones para diferentes condiciones del motor. Los resultados simulados indican la contribución de las partes separadas del modelo a la secuencia de tiempo general del proceso de inyección. Los resultados simulados formarán la base para las modificaciones y mejoras de diseño del inyector HEUI. También indican que la velocidad del solenoide será un factor significativo si se requiere una inyección más

rápida. El análisis detallado del modelo HEUI muestra que, en la disposición actual, la fuerza generada por el solenoide se contrarresta con la fuerza del resorte comprimido y la fuerza de fricción, así como con la fuerza de la presión de la línea opuesta. Cambiar la disposición de la válvula y el circuito magnético del solenoide podría resultar en un HEUI de acción mucho más rápida.

La Figura 6 muestra un ejemplo de las respuestas simuladas del inyector con la presión de línea establecida en 20 MPa. En la Figura 6A se muestra una señal de control de 7,5 ms de longitud aplicada al solenoide. La figura 6B muestra el desplazamiento del émbolo del solenoide en mm. La Figura 6C muestra el desplazamiento del HDV, también en mm. La figura 6D muestra el desplazamiento del intensificador en mm y la fase de dosificación de la inyección, que determina el volumen a inyectar. La Figura 6E muestra la curva de tasa de inyección en mm³/ms (Tran et al., 2003).

Figura 6

Simulación del trabajo del sistema HEUI en la inyección



Fuente: Tran et al. (2003)

Caracterización de la Inyección HEUI y su optimización

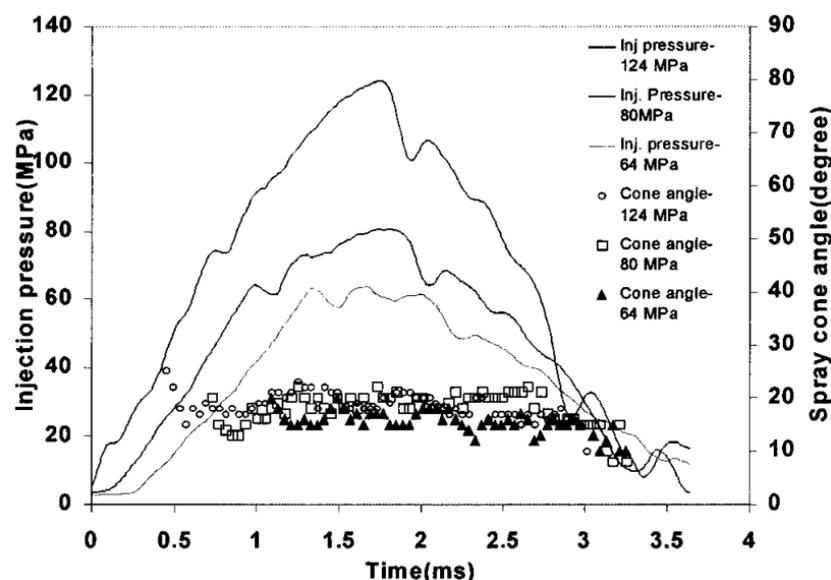
La presión de inyección de un sistema HEUI dependía principalmente de la presión del conducto común y de la duración de la inyección. A veces con una duración de inyección de 2,25 ms, las presiones de inyección aumentaron a medida que aumentaban las presiones del riel común. Con una duración de inyección de 2,25 ms y 38 MPa de presión del riel común, el sistema podía entregar el combustible a presiones de inyección de hasta 130 MPa. La relación intensificada, la relación entre la presión de inyección y la presión del riel común, Por ejemplo, Un aumento de 1 ms en la duración de la inyección contribuyó a un aumento de 29 MPa en la presión máxima de inyección. El grosor de la

cuña de ajuste de presión dentro del soporte de la boquilla también afectó la presión de inyección. A medida que el grosor del calce aumentó de 1,95 a 3,24 mm, la presión máxima de inyección aumentó del 4 al 6 % (Wang et al., 2003).

Este resultado también se verifica en la Fig. 7, que muestra que bajo la misma tasa de aumento de presión, incluso con diferentes duraciones de inyección y tipos de boquillas, se forma un ángulo de cono de rociado más amplio durante el desarrollo temprano de las rociadas, durante el período de 0,2 ms. después de SOI. De manera similar, al igual que para el rociado HEUI, se observó un ángulo de cono de rociado más amplio en las características de inyección y rociado de los sistemas de inyección HEUI y EUI de alta presión para el rociado EUI en el desarrollo temprano, así como antes del final de la inyección. Las aspersiones comenzaron con un ángulo de cono de aspersión de 80 grados. Dentro de los 0,2 ms después del inicio de la inyección, el ángulo del cono disminuyó a aproximadamente 20 grados y se estabilizó en el mismo ángulo durante el período medio de la inyección hasta el final de las inyecciones. En ese punto, el ángulo del cono saltó a unos 30 grados. Como conclusión del análisis de la oscilación del ángulo del cono de aspersión de la inyección EUI y HEUI, se sugiere que la apertura y cierre de la aguja induce el amplio cono de pulverización ángulo. En el período medio de la inyección, los aerosoles de EUI y HEUI carecían de cualquier oscilación significativa, lo que puede atribuirse a la rápida apertura de la aguja y al asentamiento en la posición completamente abierta (Wang et al., 2003).

Figura 7

Ángulo del cono de aspersión y presiones de inyección del aspersor HEUI, con duración fija de 2,25 ms y boquilla de 610 VCO



Por otro lado, en relación con esto se comparan las longitudes de líquido usando el HEUI con las obtenidas usando un inyector common-rail, con la misma configuración óptica y condiciones de motor, a dos presiones de inyección. Para garantizar que los efectos de la tasa de inyección y la presión de inyección no sean exclusivos de un combustible específico, se realizaron mediciones con 2,2,4,4,6,8,8-heptametilnonano y un combustible diésel N° 2 con contenido de trabajo de azufre. Para garantizar los efectos mínimos de la liberación de calor químico, todos los datos se adquirieron en condiciones esencialmente sin reacción. Se encontró que la presión de inyección y la forma de la tasa de inyección no tienen esencialmente ningún efecto sobre la longitud del líquido para ambos combustibles, lo que sugiere que los resultados se pueden comparar entre experimentos con diferentes sistemas de inyección. Además, el efecto de la liberación de calor se evaluó utilizando el inyector common-rail comparando las medidas de longitud de líquido obtenidas en condiciones sin reacción con las obtenidas en condiciones parcialmente reactivas. Los resultados mostraron que la liberación de calor de combustión acorta la longitud del líquido y que la magnitud del efecto es consistente con el arrastre de gases de mayor temperatura y densidad debido al calentamiento global por compresión (Fisher & Mueller, 2012).

Diagnóstico y metodología en los sistemas HEUI

Para este análisis se considera los motores HEUI 3408E y/o motores HEUI 3412E CAT, lo que se tuvo en cuenta para el estudio fue las principales fallas que identificadas en dichos motores los mismos que se detallan en la figura 8.

Figura 8

Usuales fallas en los sistemas HEUI

E1	Motor no arranca por temperaturas ambientales bajas
E2	Motor no arranca baja presión de actuación de la inyección
E3	Motor no arranca por existir alguna filtración en algún inyector
E4	Motor funciona Irregularmente por filtración en Inyector
E5	Motor no arranca por existir pequeña filtración
E6	Motor funciona Irregularmente debido a fallas en Bombas HEUI
E7	Motor no arranca por existir aire en el sistema de combustible
E8	Motor no arranca por problemas en arnés de cables
E9	Motor funciona Irregularmente debido a problemas en la combustión
E10	El motor gira pero no arranca por falla en circuito de velocidad / distribución
E11	El motor gira pero no arranca por problemas en el software
E12	El motor gira pero no arranca por deficiencia en empaquetaduras
E13	Funcionamiento irregular del motor por problemas en inyectores
E14	Baja potencia en motor por baja presión de combustible
E15	Baja potencia en motor por fugas en el sistema de admisión de aire
E16	Baja potencia por defecto en el sensor de presión de accionamiento de la inyección

La realización de la adquisición, análisis y extracción del conocimiento, para lo cual se empleó la estrategia de adquisición siguiente (Pérez, 2016):

- Entrevistas a los expertos especialistas mantenimiento y reparación de motores HEUI 3408E & 3412E.
- Entrevistas a los expertos en inteligencia artificial.
- Entrevista a los expertos de sistemas expertos.
- Lectura de documentación bibliográfica de internet.
- Lectura de manuales de fallas en motores HEUI 3408E & 3412E CAT

Conclusiones

- La modelación en los sistemas HEUI se componen de cinco bloques principales generador de señal de entrada/alivio, válvula de carrete de aceite, intensificador, cámara de combustible y válvula de aguja, estos sistemas buscan identificar las mejoras en el rendimiento del sistema y reducir los costos previo a la implementación en los motores.
- Se identificó que el sistema HEUI están diseñados para que el émbolo se ascienda más lento durante el llenado de la bomba, para prevenir el arrastre de aire, y descienda más rápido durante la inyección, para lograr la presión de suministro adecuada y su operación eficiente en los sistemas diésel.
- El sistema HEUI requiere de elevadas exigencias formuladas al confort de marcha, así como siguen influyendo en el desarrollo de modernos motores diésel. También la reducción del ruido es objeto cada vez de mayores exigencias, en relación con la regulación de ralentí independiente de la carga; realimentación de gases de escape que aportan a la sostenibilidad del medio ambiente.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de interés por parte de los autores.

Referencias bibliográficas

- Ashraful, A. M., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Fattah, I. R., Imtenan, S., Shahir, S. A., & Mobarak, H. M. (2014). Production and comparison of fuel properties, engine performance, and emission characteristics of biodiesel from various non-edible vegetable oils: A review. *Energy Convers. Manag.*, 80, 202-228.
- Bosch. (2002). Regulación Electrónica Diesel EDC, Bosch
- Castillejo, A. (2014). Sistemas de Inyección en Motores Diesel. Bibing:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90174/fichero/TFG.+Alejandro+Castillejo+Calle.pdf>

Castillejo, A. (2014). Sistemas de Inyección en Motores Diesel. Bibing:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90174/fichero/TFG.+Alejandro+Castillejo+Calle.pdf>

Fisher, B., & Mueller, C. (2012). Effects of injection pressure, injection-rate shape, and heat release on liquid length. *SAE International Journal of Engines*, 5(2), 415-429.

Ghorani-Azam, A., Riahi-Zanjani, B., & Balali-Mood, M. (2016). Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *J. Res. Med. Sci. Off. J. Isfahan Univ. Med. Sci.*, 21, 65.

Glasse, S. F., Stockner, A. R., & Flinn, M. A. (1993). HEUI-A new direction for diesel engine fuel systems. *SAE Transactions*, 300-310.

Karolys, B., Llanes-Cedeño, E., Vega, W., Cevallos, S., & Rocha-Hoyos, J. (2019). Effect of Injection Parameters and Emission characteristics in a Common-Rail Direct Injection Diesel Engine in Height Conditions: A Review. *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 12(3).

Kato, T., Tsujimura, K., Shintani, M., Minami, T., & Yamaguchi, I. (1989). Spray Characteristics and Combustion Improvement of D.I. Diesel Engine with High Pressure Fuel Injection," *SAE Paper No. 890265*.

Krajzewicz, D., Behrisch, M., Wagner, P., Luz, R., & Krumnow, M. (2015). Second Generation of Pollutant Emission Models for SUMO. *Modeling Mobility with Open Data*. Springer, Cham, 203-221.

Litwin, W., Leśniewski, W., Piątek, D., & Niklas, K. (2019). Experimental Research on the Energy Efficiency of a Parallel Hybrid Drive for an Inland Ship. *Energies*, 12(9), 1675.

Mirhashemi, F., & Sadrnia, H. (2020). Emissions of compression ignition engines fueled with various biodiesel blends: A review. *J. Energy Inst.*, 93(1), 129-151

Mulemane, A., Han, J. S., Lu, P. H., Yoon, S. J., & Lai, M. C. (2004). Modeling dynamic behavior of diesel fuel injection systems (No. 2004-01-0536). *SAE Technical Paper*.

- Pérez Shareva, A. L. (2016). Sistema inteligente artificial para diagnóstico de fallas en motores Heui 3408E & 3412E Cat–Compañía Minera San Ignacio de Morococha SAA.
- Pierpont, D. A., & Reitz, R. D. (1995). Effects of Injection Pressure and Nozzle Geometry on D.I. Diesel Emissions and Performance, SAE Paper No. 950604.
- Puente, E. (2018). Análisis y diagnóstico del sistema de control electrónico de inyección de combustible diésel HEUI CAT-3126. *INNOVA Research Journal*, 3(1), 145-150.
- Tipanluisa, L. E., Remache, A. P., & Ayabaca, C. R., & Reina, S. W. (2017). Polluting emissions of a spark engine operating at two heights with two qualities fuels. *Inf. Tecnol.* 28(1), 03-12.
- Tran, X. T., Milton, B., White, T., & Tordon, M. (2003, July). Modelling heui injector in matlab simulink. In *Proceedings 2003 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM 2003)* (Vol. 1, pp. 383-388). IEEE.
- Wang, T. C., Han, J. S., Xie, X. B., Lai, M. C., Henein, N. A., Schwarz, E., & Bryzik, W. (2003). Parametric characterization of high-pressure diesel fuel injection systems. *J. Eng. Gas Turbines Power*, 125(2), 412-426.

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.



Indexaciones

