



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

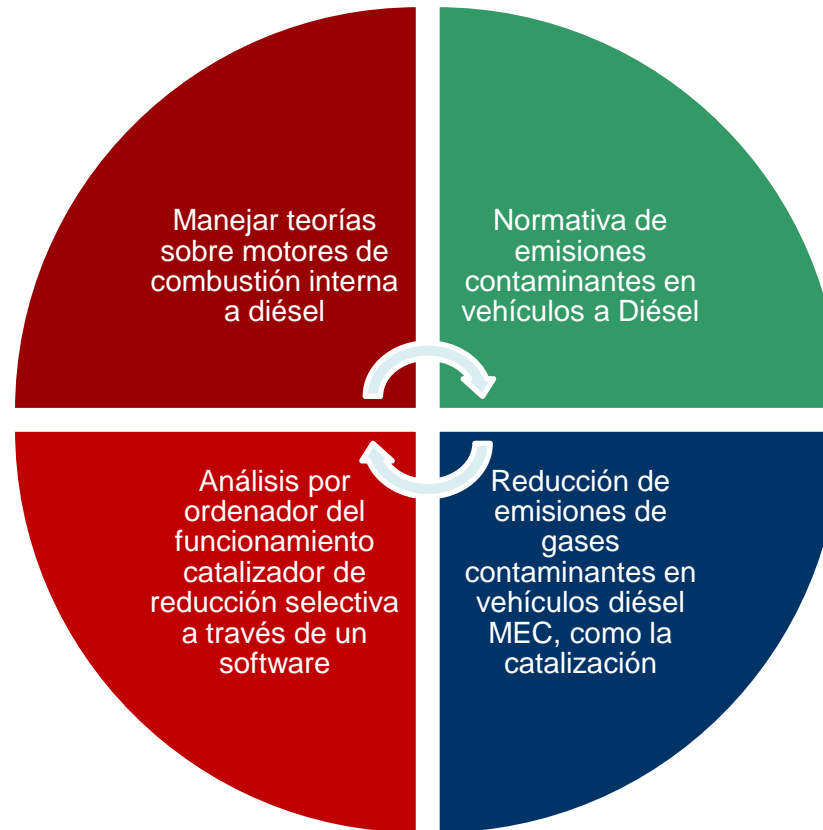
**TEMA: “ANÁLISIS DE LAS EMISIONES DE GASES
CONTAMINANTES DE UN MOTOR DIÉSEL IMPLEMENTADO
UN SISTEMA DE REDUCCIÓN CATALÍTICA SELECTIVA,
UTILIZANDO UREA PARA LA CONVERSIÓN DE ÓXIDOS DE
NITRÓGENO (NOX) EN AGUA Y NITRÓGENO”**

**AUTORES: GUALOTUÑA PINARGO, BRYAN RAMIRO
TIPAN QUINGA, DAVID RUBEN**

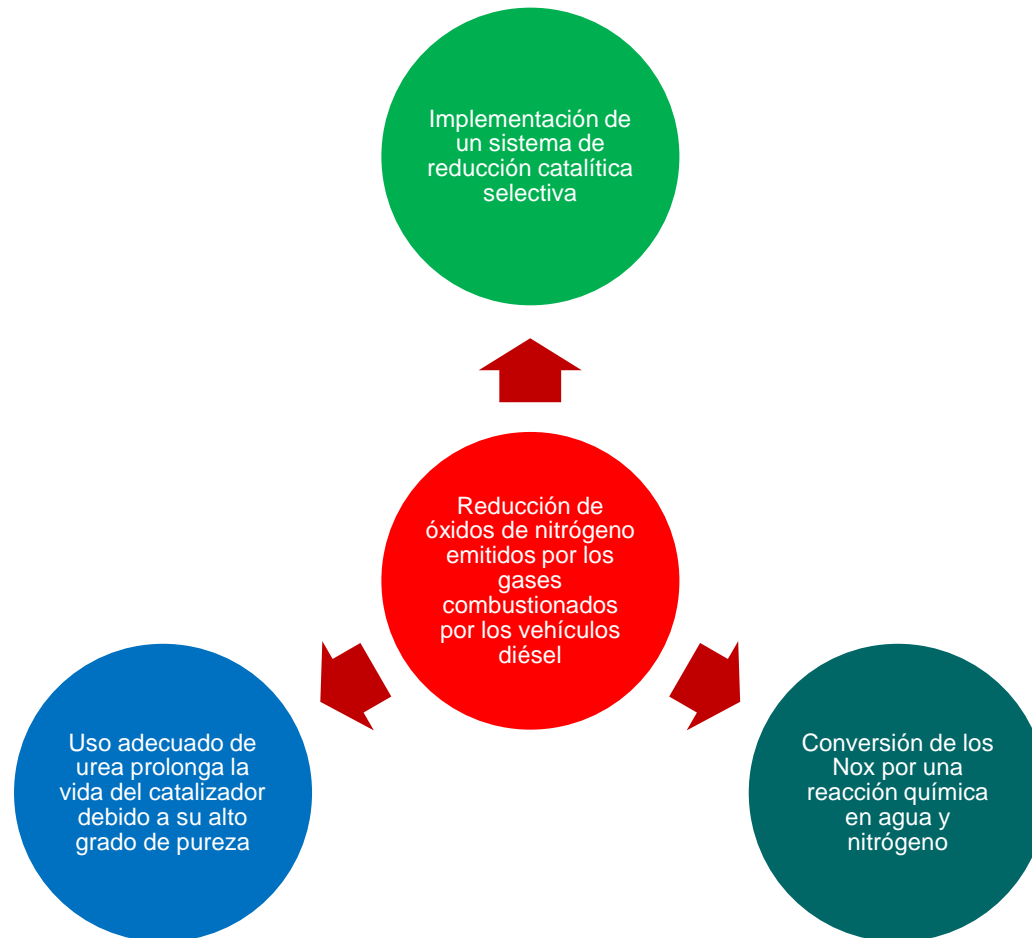
DIRECTOR: ING. MENA NAVARRETE, LUIS ANTONIO



Antecedentes



Planteamiento del Problema



OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar las emisiones de gases contaminantes de un motor de combustión interna Diésel mediante la implementación de un sistema de reducción catalítica selectiva utilizando urea para la conversión de óxido de nitrógeno (NOx) en agua y nitrógeno



Objetivos Específicos

- Realizar búsqueda teórica en fuente bibliográfica y base digitales confiables que permitan sustentar el tema del proyecto de investigación.
- Simular y analizar el modelo de sistema de reducción catalítica mediante el cálculo y simulación en software SOLIDWORKS.
- Implementar el sistema de reducción catalítica en el motor de combustión interna Diésel.
- Realizar las pruebas de análisis de las emisiones de gases contaminantes con y sin el sistema de reducción catalítica implementado.



METAS

- Diseñar un sistema eficiente que se acople a las necesidades del motor diésel
- Analizar la emisión de gases contaminantes implementado el sistema de reducción catalítica selectiva utilizando urea para la conversión de óxido de nitrógeno (NOx) en agua y nitrógeno



Sistema de Reducción Catalítica Selectiva

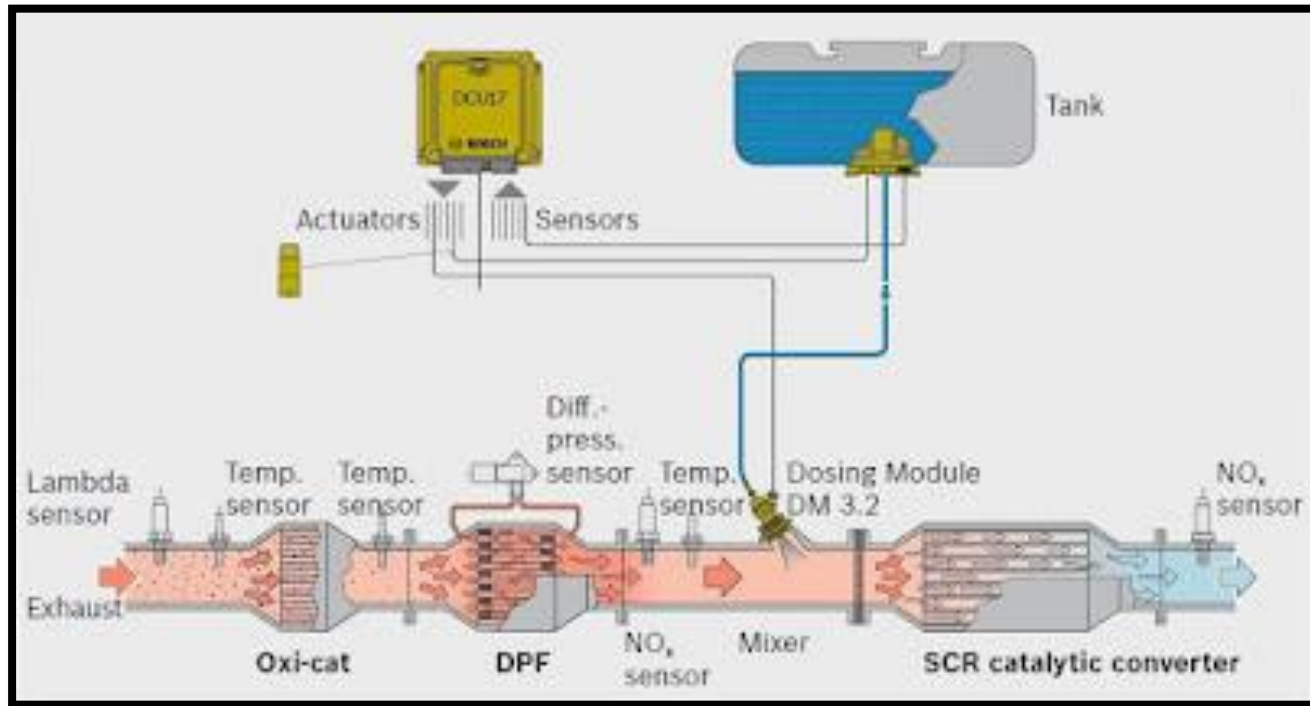


Figura 1 Sistema SCR

Normativa de emisiones

NTE INEN 2207:2002

- Límite máximo de emisiones para fuentes móviles con motor diésel

CO	HC	NOx	Partículas	Ciclo de prueba
g/km	g/km	g/km	g/km	
2.72	0.97	0.97	0.14	ECE -15 + EUDC

- Límite máximo de opacidad de emisiones para motores diésel

Año modelo	% Opacidad
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60



Diseño Geométrico

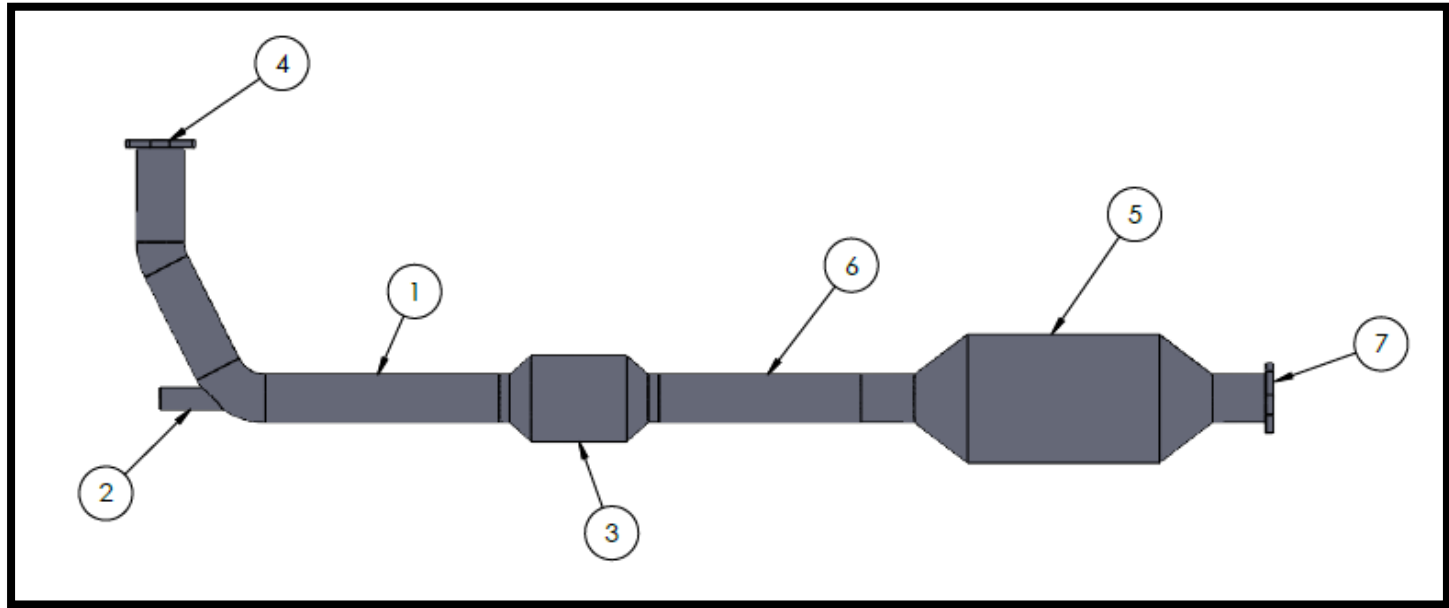


Figura 2 Elementos del sistema SCR

1. Tubo delantero
2. Inyector
3. Flexible
4. Brida delantero

5. Catalizador
6. Tubo
7. Brida posterior

Simulación de Temperatura de gases

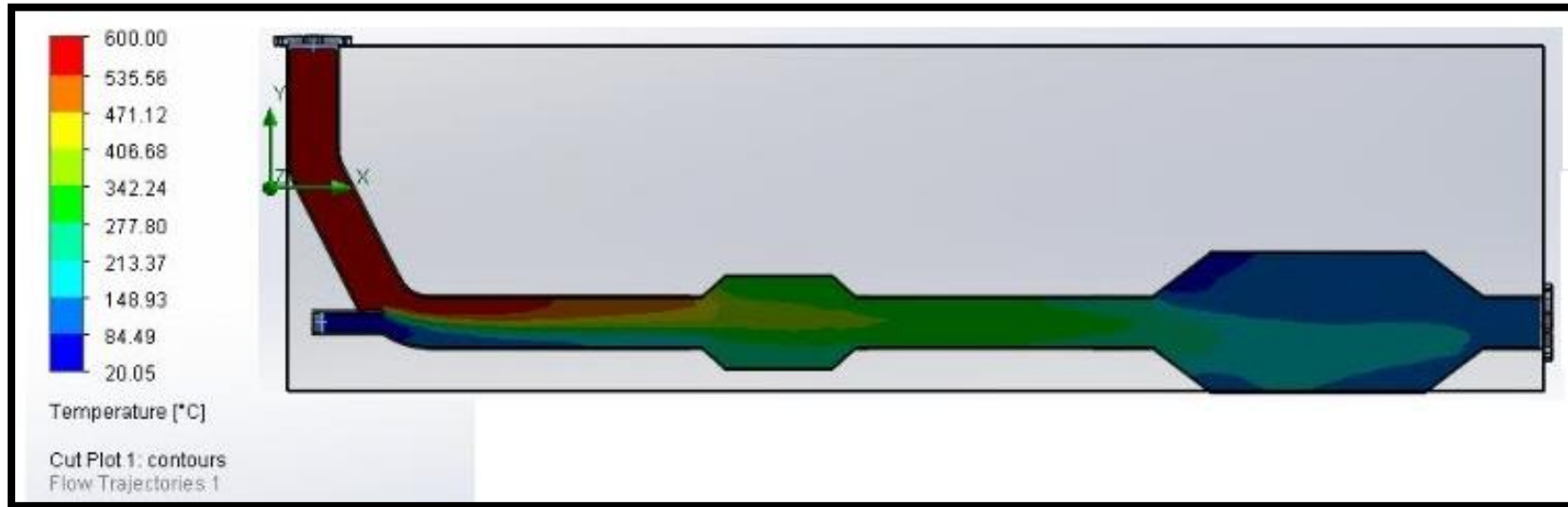


Figura 3 Simulación de Temperatura en el sistema SCR

Simulación de Presión de gases

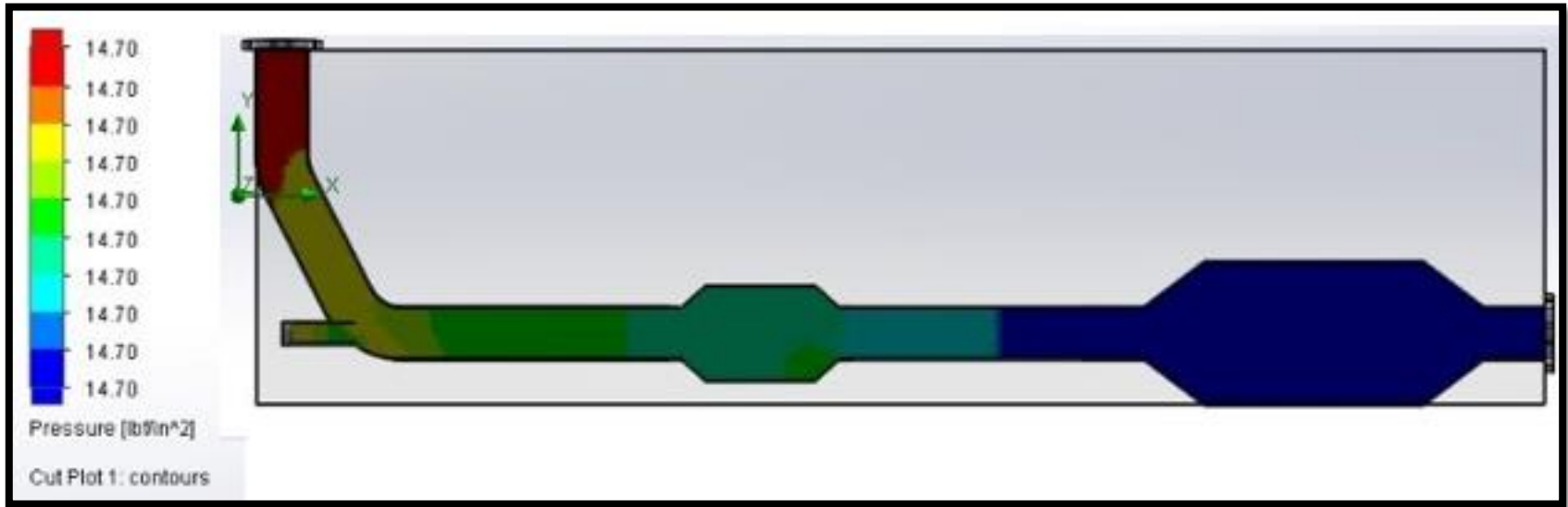


Figura 4 Simulación de Presión en el sistema SCR

Diseño Mecánico

- Selección de tubo para el escape

Tipo	Diámetro (pulg)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)
Tubo de acero	1 ¾"	1.5	1.59

- Selección de tubo para acople del inyector

Tipo	Diámetro (pulg)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)
Tubo de acero	1 ½"	1.5	1.35



Sistema de Escape



Figura 5 Sistema de Escape Original



Figura 6 Sistema de Escape con sistema SCR



Diseño Hidráulico

Este tipo de inyector requiere una presión de trabajo de 45 – 70 psi para pulverizar la cantidad de AdBlue en el tubo de escape para lograr la reacción química.



Figura 7 Inyector de Urea

Bomba de alimentación



Figura 8 Bomba de alimentación del sistema SCR

- Selección de bomba para el sistema de reducción catalítica selectiva

Marca	Presión (MPa)	Caudal (m^3/h)	Posición
ACdelco	0.4	0.1	Interna

Cañerías del sistema SCR

Considerando la bomba seleccionada para el sistema que posee una presión de 0.4 MPa y los diámetros de salida de la bomba, toma de salida y entrada del depósito, para el inyector se ocupó la cañería de diámetro de 6 mm.



Figura 9 Cañerías del sistema SCR

Regulador de presión

Se utilizó un regulador de presión el cual se encarga de controlar y regular la presión del AdBlue con el cual prevenimos daños.



Figura 10 Regulador de presión

Sensor de Nivel



Figura 11 Sensor de nivel de AdBlue



Figura 12 Visualización del valor de nivel de AdBlue

VOLTAJE	%
0	0
0,5	10
1	20
1,5	30
2	40
2,5	50
3	60
3,5	70
4	80
4,5	90
5	100

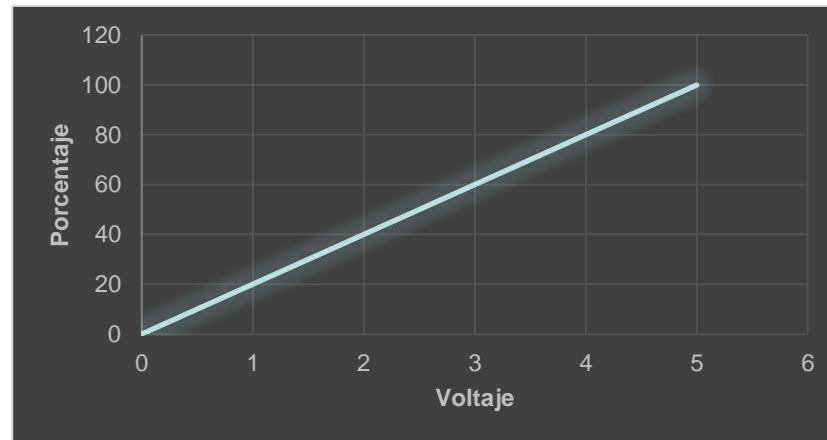


Figura 13 Curva del Voltaje de sensor de nivel



Cálculos del Sistema Hidráulico

- Cálculo del área interna de la cañería

$$A = \pi * r^2$$

$$A = 2.8274 \times 10^{-5} m^2$$

- Cálculo de la velocidad del fluido

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.10 m^3/h}{2.8274 \times 10^{-5} m^2}$$

$$V = 3536.776513 m/h$$

$$V = 0.982437 m/s$$



- Cálculo de la velocidad del fluido

$$N_R = \frac{V * D * \rho}{\eta}$$

$$N_R = \frac{0.982437m/s * (6 * 10^{-3}m) * 1087kg/m^3}{(1.4 * 10^{-3}MPa)}$$

$$N_R = 4576.752$$



Circuito Hidráulico del sistema SCR

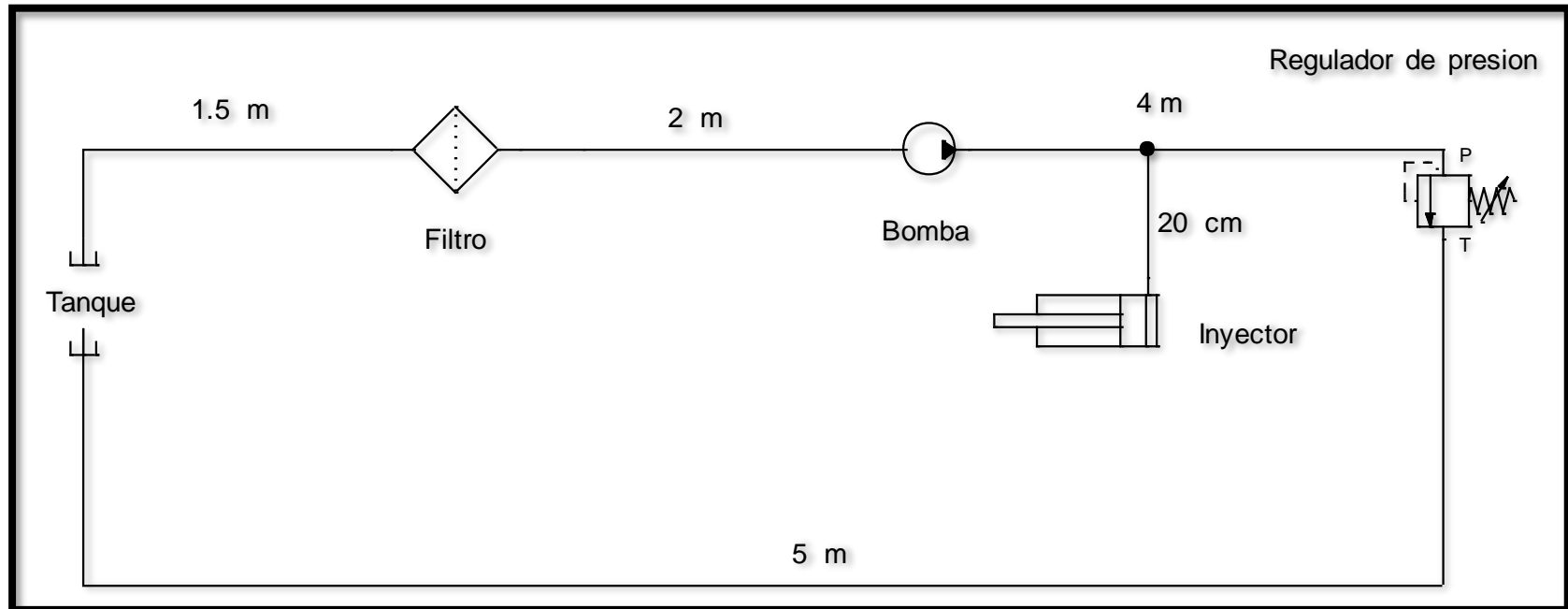


Figura 14 Circuito hidráulico del sistema SCR

Diseño Eléctrico

- **Selección del cable conductor**

Se estableció un alambre calibre 16 con una temperatura de funcionamiento de 60 °C.



Figura 15 Alambre 16 AWG

- **Selección del relé**

Se utilizó un relé de 20/30 A para la activación de la bomba y del inyector de AdBlue



Figura 16 Relé 20/30 A

Circuito Eléctrico

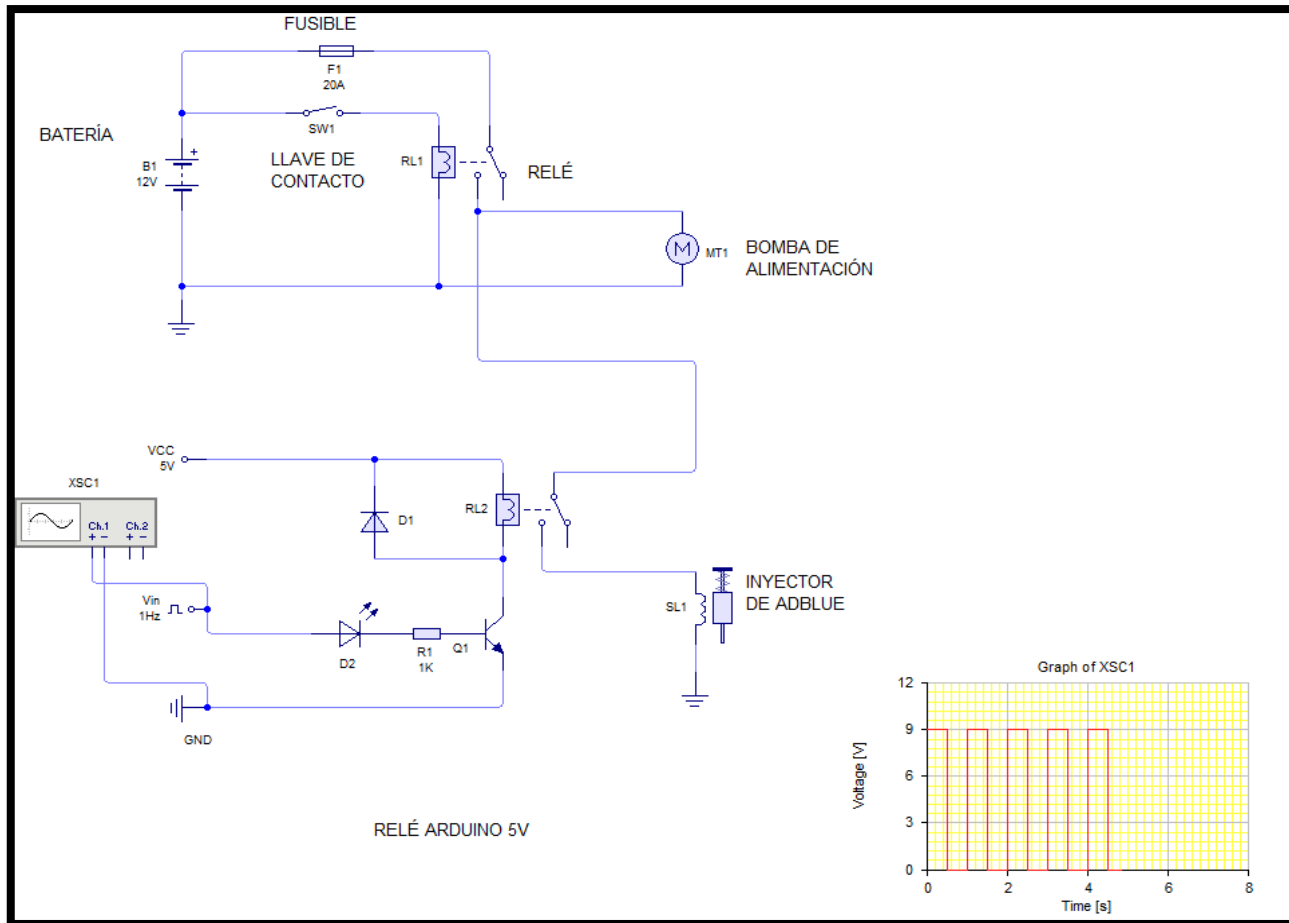


Figura 17 Circuito de activación de la bomba e inyector

Diseño Electrónico

Oscilograma del sensor Ckp

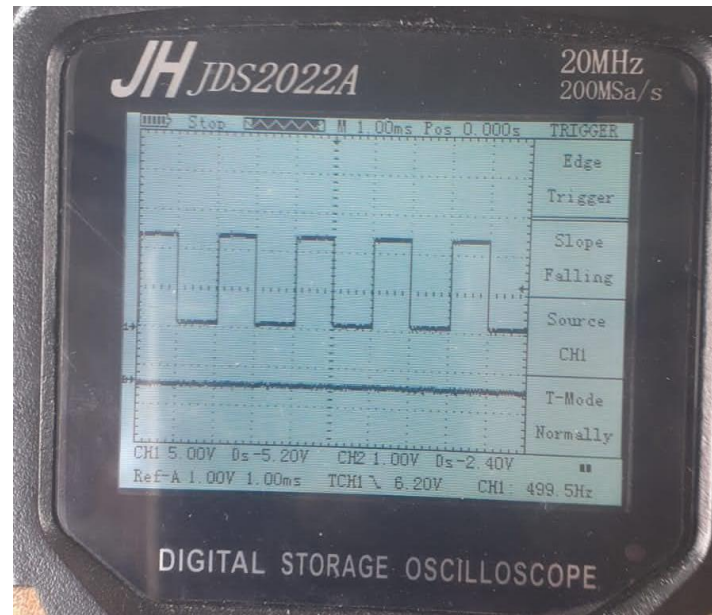


Figura 18 Oscilograma del sensor Ckp

Microcontrolador

Para la selección del Microcontrolador debemos tener en cuenta los siguientes parámetros que son: velocidad, puertos, memoria y el voltaje de alimentación.

Adicionalmente este controlador nos permitirá recibir la señal generada por el sensor para después procesarlas y con esto podremos visualizar los datos en la pantalla LCD.

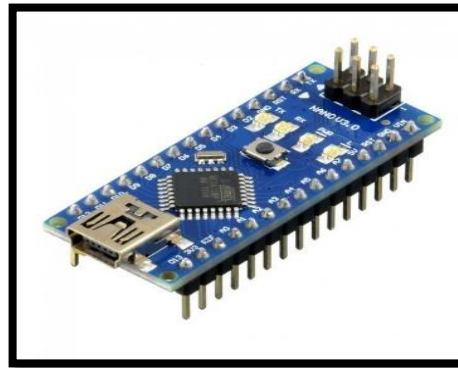


Figura 19 Microcontrolador Nano Arduino



Programación

Se utilizó el software Arduino el cual trabaja con lenguaje C++ con el cual se desarrolló el código que se va a cargar al Microcontrolador para que ejecute el código de manera adecuada con las variables planteadas.

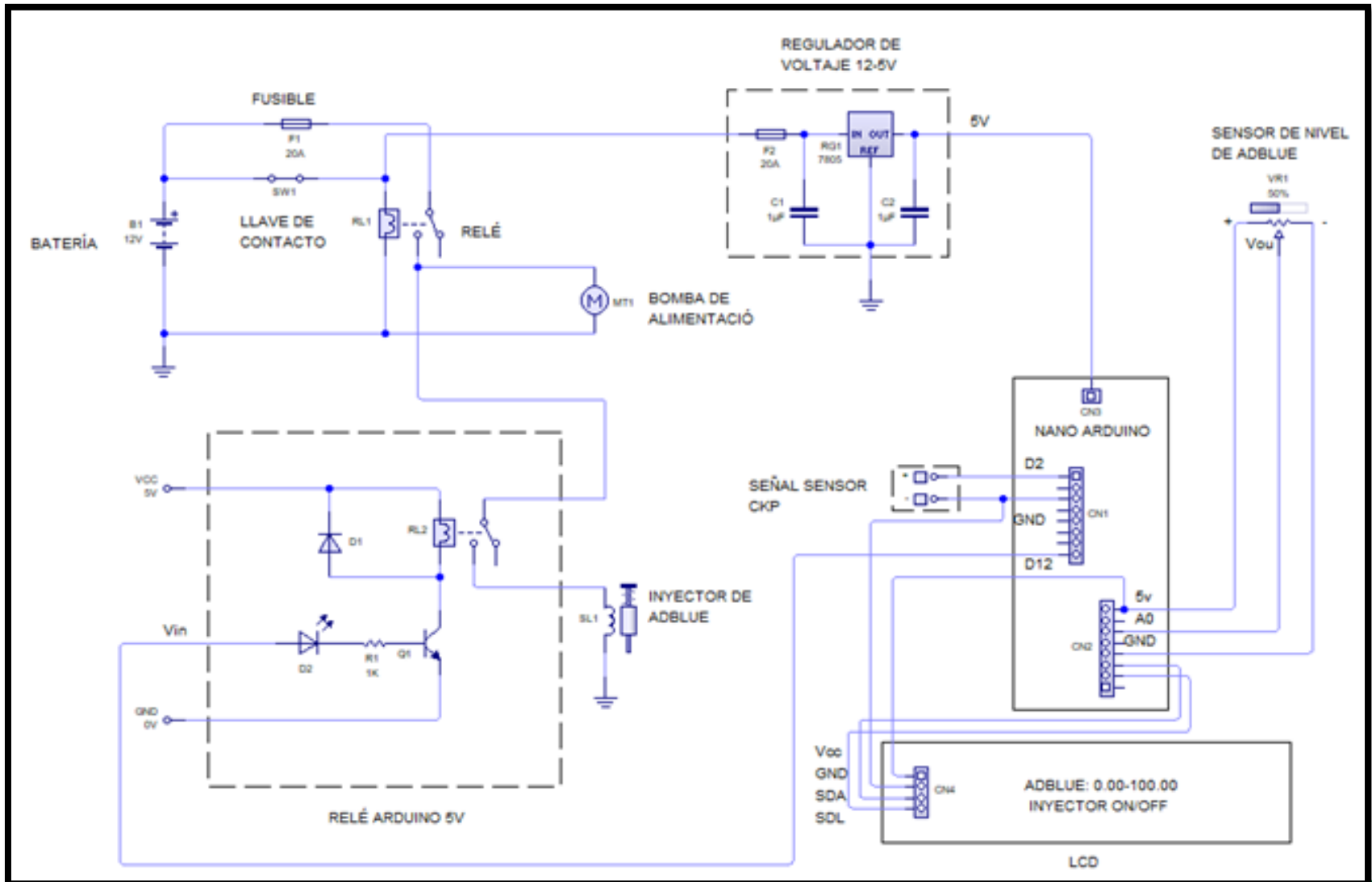
En el proceso de la programación se enfocó en la activación de inyector de AdBlue y el sensor de nivel que nos presenta en una pantalla LCD, el nivel de urea y la activación del inyector



Figura 20 Visualización de datos en el pantalla LCD



Módulo de control de inyección de AdBlue



Puesta a Punto del Vehículo

El vehículo Corsa 1.7L se realizó un mantenimiento preventivo antes de realizar la pruebas para tener resultados óptimos y coherentes, a continuación se detallan los mantenimientos que se realizaron.

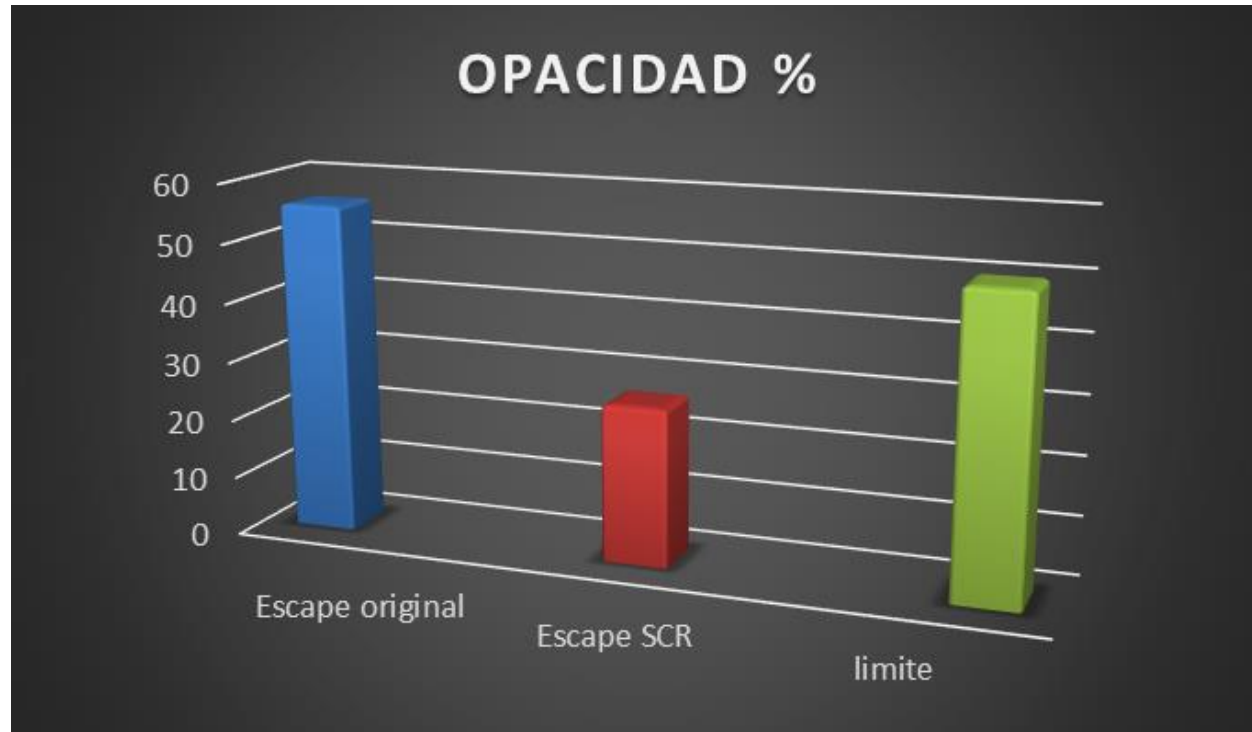
- Cambio de aceite del motor
- Cambio de filtro de aire
- Calibración de bomba de inyección rotativa
- Calibración de inyectores mecánicos



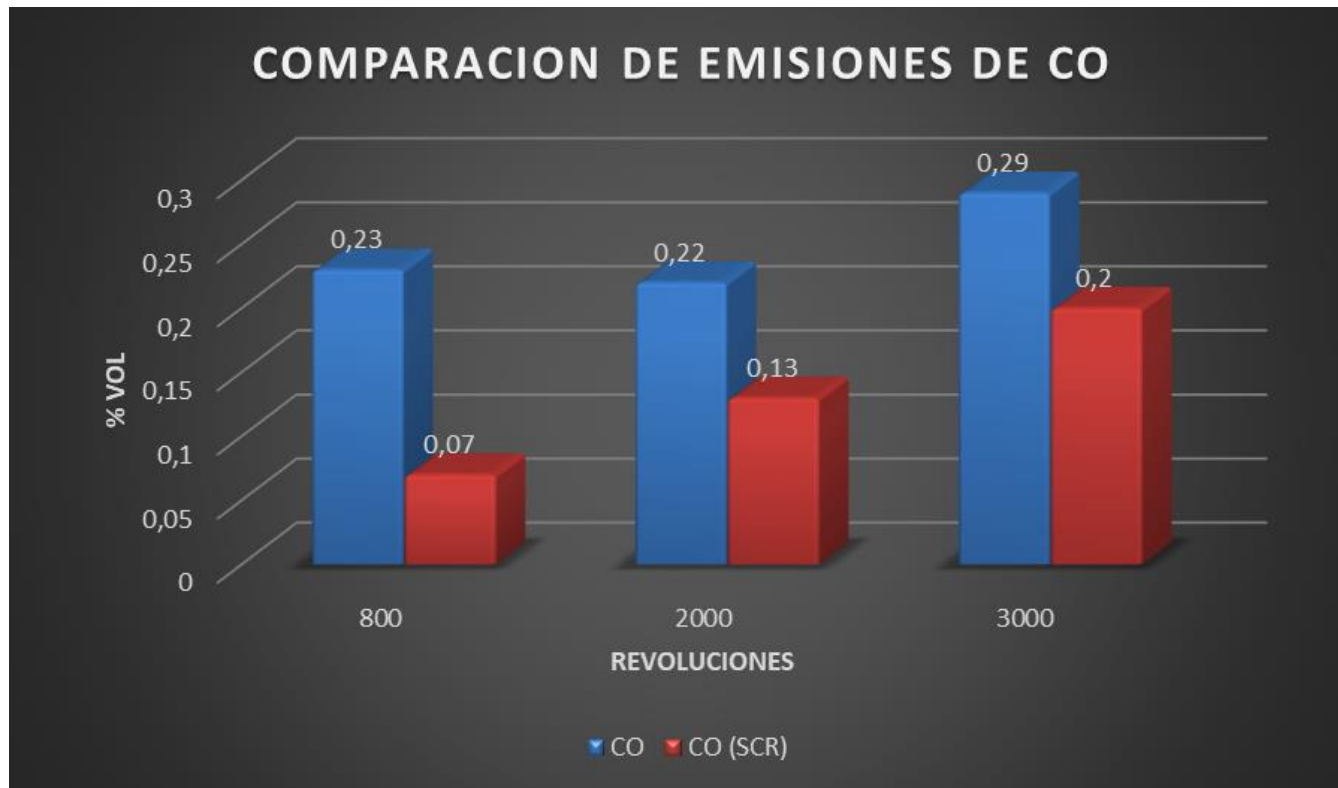
Figura 21 Vehículo Corsa 1,7 L Diésel



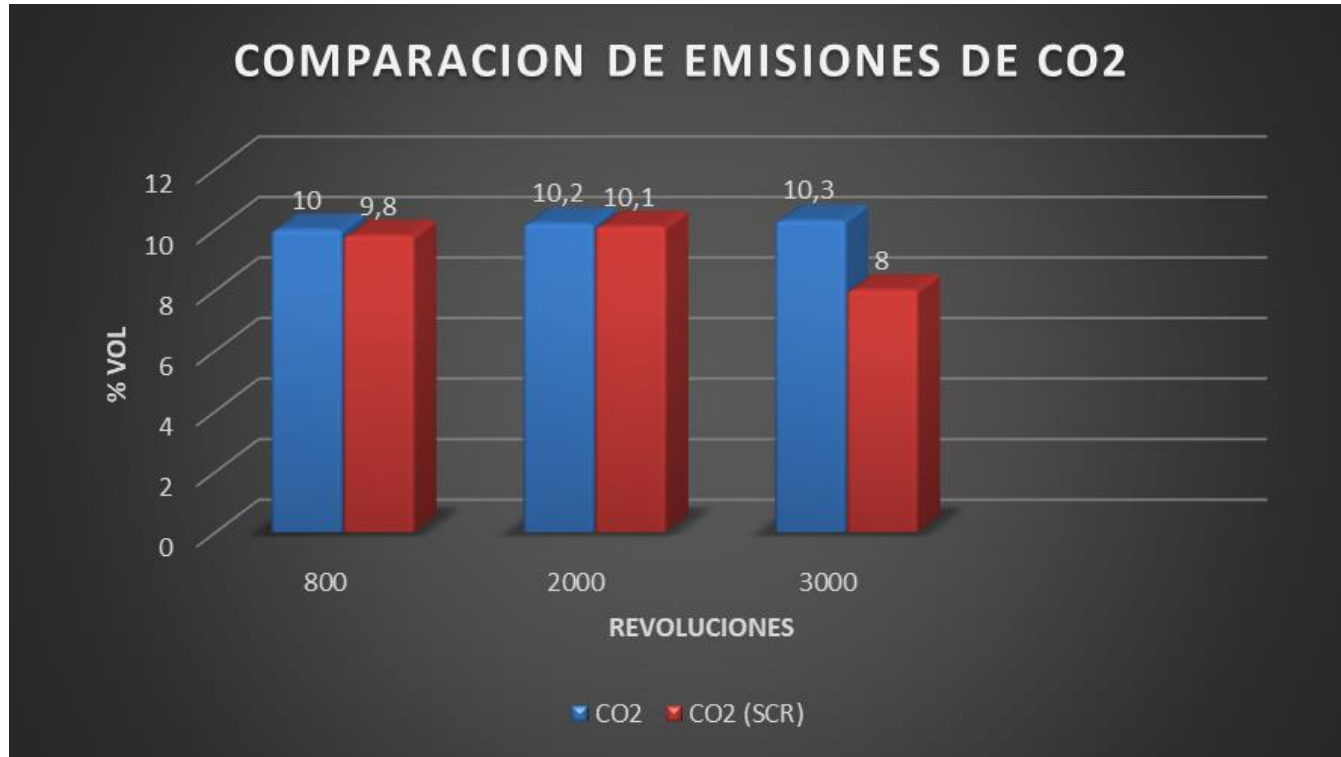
Resultados de opacidad del sistema original y sistema SCR



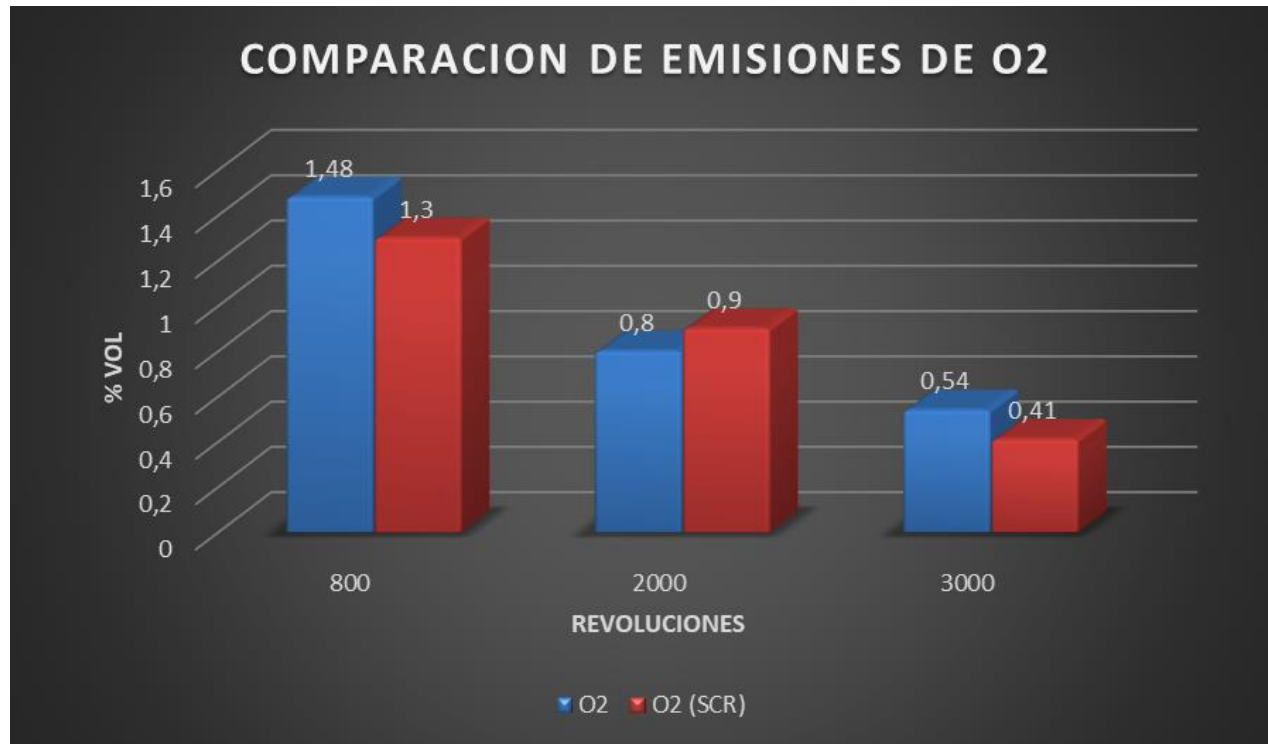
Valores de emisiones de CO en el sistema original y sistema SCR



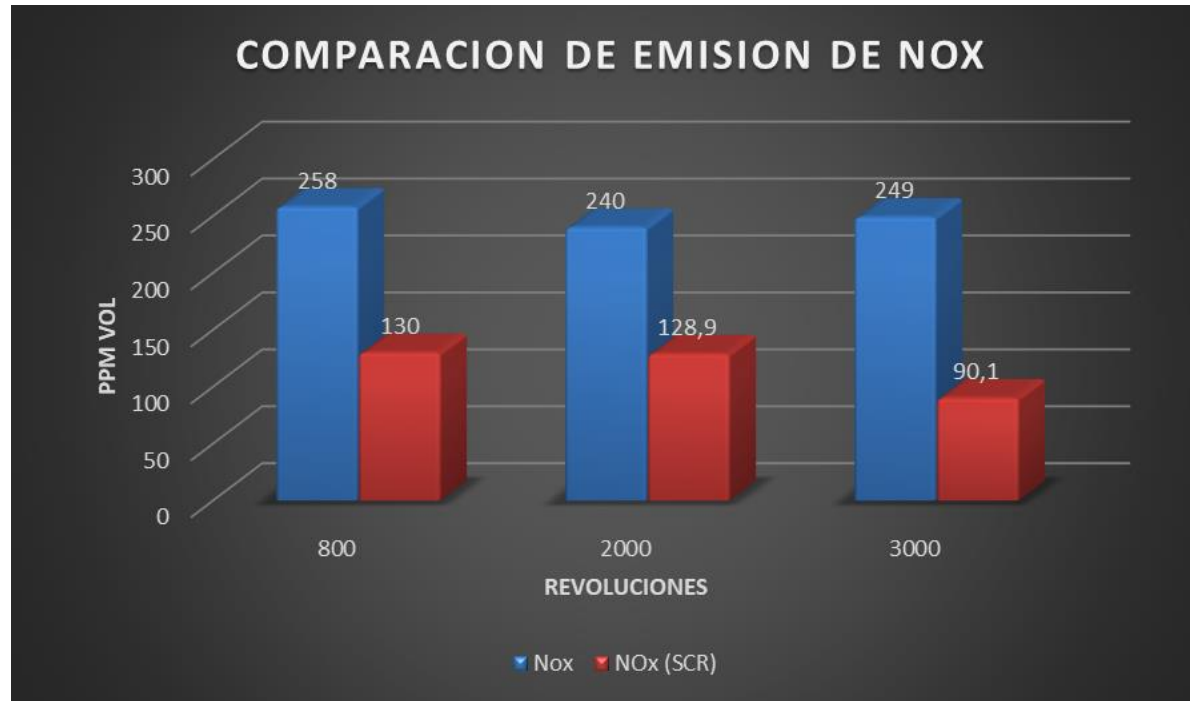
Valores de emisiones de CO2 en el sistema original y sistema SCR



Valores de emisiones de O2 en el sistema original y sistema SCR



Valores de emisiones de NOx en el sistema original y sistema SCR



Conclusiones

- Se realizó la búsqueda teórica necesaria y confiable que permitan sustentar el tema del proyecto de investigación.
- Se simuló y analizó el modelo de reducción catalítica mediante el cálculo y simulación en un programa de elementos finitos SolidWorks utilizando el complemento Flow Simulation.
- Se registró una opacidad en el sistema estándar del 56% que sobrepasa la normativa INEN NTE 2007:200 que es del 50% de opacidad, mientras que con el sistema de reducción catalítica selectica se obtuvo un valor optimo y que se encuentran en el rango de opacidad de la normativa permitida del 26.6%



- El porcentaje de Monóxido de Carbono (CO), se registró emisiones con el sistema SCR menores al sistema estándar, debido que a 800 rpm con el sistema normal se obtiene un valor de 0.23% Vol de CO mientras en el sistema SCR se obtiene un valor de 0.07 % Vol y a 3000 rpm el sistema normal presento un valor 0.29 % Vol y comparado con el valor del sistema de SCR que es 0.2% se ve que hay una disminución de emisiones con el uso de inyección de urea en el sistema de escape.



- El porcentaje de Oxígeno (O₂) se registró que el sistema original a 800 rpm tiene un valor de 1.48 % Vol mientras que el sistema SCR tiene un valor de 1.3% Vol , en el caso de las revoluciones a 2000 rpm el sistema original presenta un valor menor de 0.8% Vol que el sistema SCR que presenta 0.9% Vol, mientras que a 3000 revoluciones el sistema original presenta un valor de 0.54% Vol y el sistema SCR obtiene un valor de 0.41% Vol que es menor al sistema original en donde se observa una diferencia de 0.13% más efectivo el sistema SCR.



- Las ppm de Óxidos de Nitrógeno (Nox) se obtuvo que los valores emitidos por el sistema SCR son menores que el sistema original por ejemplo a 800 rpm el sistema original presenta un valor de 258 ppm Vol de NOx mientras que el sistema SCR posee un valor de 130 ppm Vol en donde existe una disminución drástica de las emisiones de NOx, por otra parte a 3000 rpm el sistema original presenta un valor de 249 ppm Vol y el sistema SCR posee 90.1 ppm Vol en donde se observa una gran eficiencia de la inyección de AdBlue para ayudar a reducir las emisiones que genera el vehículo corsa 1.7 L diésel



Recomendaciones

- Se recomienda utilizar un vehículo con sistema de inyección electrónica ya que tiene un mayor número de sensores en el motor que facilita el control del inyector de AdBlue y los tiempos de inyección.
- Se recomienda para investigaciones futuras utilizar sensores de óxidos de nitrógeno (Nox), de esta manera se crean nuevos controles de inyección para mejorar la reducción de Nox.
- Para investigaciones futuras se recomienda utilizar sensores de temperatura en el sistema tubo de escape, que ayuda a los pulsos de inyección de AdBlue y los tiempos de apertura del inyector.



Nunca bajas
la cabeza,
porque si lo
haces
perderás de
vista tus
metas.

Ojeda A.



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA