



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE
CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN
BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI
MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁZQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

PRIMER MIEMBRO

: 
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

ASESOR DE TESIS

: 
Mgtr. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN - P21



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 185-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de abril del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-1389 presentado por el (la) Bachiller: **JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
- * **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * **2do Miembro** : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA**.

ARTICULO TERCERO.- APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miercoles 09 de abril del 2025
- * **HORA** : 10:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 204 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



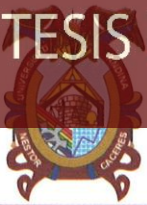
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgtr. **WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA**
DECANO (e)
CIP. 70808



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Wally Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1831-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 16090 por el señor (a): **JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1332 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N°017 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPIM** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N°017 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Ing. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. WILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 459-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 4359, presentado el señor (a) **JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 383 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 019 -2024 del integrante del comité de investigación **EPIM** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 019 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Ing. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	16%	2%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	2%
2	dspace.esoch.edu.ec Fuente de Internet	2%
3	s6dc2dc82dd3d959c.jimcontent.com Fuente de Internet	1%
4	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	articulo.mercadolibre.com.mx Fuente de Internet	1%
7	autos-chinos.com Fuente de Internet	1%
8	docplayer.es Fuente de Internet	1%
9	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	1%



Metadatos complementarios



Título de la tesis	
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024	
Datos del autor	
Nombres y apellidos	JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	71475045
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-9777-3860
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA
Tipo de documento	DNI
Numero de documento de identidad	02393436
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-1885-7678
Datos de jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Numero de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Numero de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Tipo de documento de identidad	DNI
Numero de documento de identidad	02064066

Datos de la investigación	
Línea de investigador	Tecnología de la instrumentación – P21
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Azángaro Distrito: Azángaro Coordenadas: Latitud: S 14° 54' 42.7" Longitud: W 70° 12' 21.2"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/17qz7U8FP7zB6ggv9</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2024 – diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE:	<p>Ingeniería mecánica http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01</p> <p>Ingeniería eléctrica, Ingeniería electrónica http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01</p> <p>Sistemas de automatización, Sistemas de control http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03</p>



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÉPEDÉS VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURA

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN, identificado con DNI
Nro. 71475045 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
 Programa de Segunda Especialidad,
 Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA MECATRÓNICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024

Asesorado por: Mgtr. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

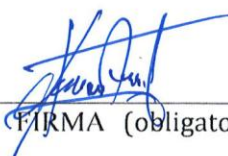
Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 23 de ABRIL del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mi familia, por ser mi fuente inagotable de apoyo y amor. A mis padres, por sus sacrificios y enseñanzas, por mostrarme que el esfuerzo y la perseverancia son el camino al éxito. A mis hermanos, por su constante ánimo y compañía en los momentos de duda.

A todos aquellos que, de una forma u otra, han dejado una huella en este camino, gracias por su apoyo incondicional y por creer en mí.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres por su amor incondicional y su apoyo constante. Gracias por creer en mí y por proporcionarme la oportunidad de alcanzar mis metas académicas. Su paciencia y comprensión han sido fundamentales para mí.

Finalmente, a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a este logro, directa o indirectamente. Sus palabras de aliento y su ayuda práctica han sido profundamente apreciadas.

Gracias a todos por ser parte de este importante capítulo de mi vida.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xiv
ABSTRAC.....	xv
INTRODUCCION.....	xvi

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4.1. Justificación práctica.....	3
1.4.2. Justificación teórica.....	4
1.4.3. Justificación metodológica.....	4
1.4.4. Justificación económica.....	4



- 1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN 5
- 1.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 5
 - 1.6.1. Hipótesis General..... 5
 - 1.6.2. Hipótesis específicas 6
- 1.7. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN..... 6
 - 1.7.1. Variable Independiente 6
 - 1.7.2. Variable Dependiente..... 6
- 1.8. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES..... 7

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

- 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 8
 - 2.1.1. A nivel internacional 8
 - 2.1.2. A nivel nacional 10
 - 2.1.3. A nivel local 12
- 2.2. MARCO TEÓRICO..... 13
 - 2.2.1. Sistemas Mecatrónicos 13
 - 2.2.2. Control de ahorcador de combustible 15
 - 2.2.3. Características del control de ahorcador de combustible..... 17
 - 2.2.4. Bombas de inyección de vehículos de la marca Jinbei 18
 - 2.2.5. Características de las bombas de inyección de vehículos Jinbei 20
 - 2.2.6. El sistema de suministro de combustible..... 21
 - 2.2.7. Bombas de inyección lineal 23
 - 2.2.7.1. Componentes de una bomba de inyección lineal..... 25
 - 2.2.7.1.1. Árbol de levas..... 25



2.2.7.1.2.	Bombas de alimentación.....	26
2.2.7.1.3.	Carter interior de la bomba.	27
2.2.7.1.4.	Empujador o taqué.....	28
2.2.7.1.5.	Muelle o resorte del émbolo.....	29
2.2.7.1.6.	Émbolo	29
2.2.7.1.7.	Cilindro (cámara de presión).....	31
2.2.7.1.8.	Canalización (llegada de combustible).	31
2.2.7.1.9.	Saliente	33
2.2.7.1.10.	Manguito cilíndrico	33
2.2.7.1.11.	Corona dentada.....	33
2.2.7.1.12.	Cremallera.....	33
2.2.7.1.13.	Válvula de retención o de presión.....	34
2.2.7.1.14.	Asiento de válvula.	35
2.2.7.1.15.	Canalización hacia el inyector.	36
2.2.7.2.	Modelos de bombas en línea.....	37
2.2.7.2.1.	Tipos y características de bombas en línea.	37
2.2.7.3.	Gobernadores	39
2.2.7.3.1.	Gobernador mecánico.....	39
2.2.7.3.2.	Ahorcador o gobernador de parada.....	42
2.2.7.4.	Inyector.	45
2.2.8.	Vehículos JINBEI	48
2.2.8.1.	Motor serie YC4F.....	50
2.2.8.1.1.	Características y ventajas de la serie YC4F de motor Diesel ...	51



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 54
- 3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN..... 54
- 3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 54
- 3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA 55
 - 3.4.1. Población..... 55
 - 3.4.2. Muestra 55
- 3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS 55
 - 3.5.1. Técnica..... 55
 - 3.5.2. Instrumento 55
 - 3.5.3. Técnicas e Instrumentos de Recogida de Información 56
 - 3.5.4. Análisis de datos 56

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 4.1. PRESENTACIÓN 57
 - 4.1.1. Análisis de la situación actual 57
 - 4.1.2. Diseño del sistema de control mecánico 61
 - 4.1.2.1. Cálculos de Diseño del Sistema Mecánico 62
 - 4.1.3. Selección Componentes Electrónicos 65
 - 4.1.3.1. Componentes y Dispositivos 65
 - 4.1.3.2. Reguladores de voltaje 66
 - 4.1.3.2.1. Regulador L7809..... 67
 - 4.1.3.2.2. Regulador L7805..... 67



- 4.1.3.3. Módulo Controlador Puente H L298N 68
- 4.1.3.4. Arduino UNO..... 70
 - 4.1.3.4.1. Microcontrolador Atmega 328P..... 71
 - 4.1.3.4.2. Ide de Arduino 73
- 4.1.3.5. Sistema electrónico de Control..... 76
 - 4.1.3.5.1. Sistema de control electrónico 76
- 4.1.3.6. Cálculos de Diseño del Sistema Electrónico 77
- 4.1.4. Programación en IDE Arduino 79
- 4.1.5. Implementación e integración del sistema mecatrónico 89
- 4.2. PRUEBAS Y RESULTADOS 92
 - 4.2.1. Pruebas Operativas y Análisis de Parámetros del Motor Diesel 95
 - 4.2.1.1. Primera Prueba: Monitoreo en Condiciones de Ralentí Normal ... 95
 - 4.2.1.2. Segunda Prueba: Evaluación en Condiciones de Carga Media ... 96
 - 4.2.1.3. Tercera Prueba: Análisis bajo Condiciones de Carga Máxima 97
 - 4.2.1.4. Cuarta Prueba: Evaluación de Respuesta ante ahogador de Combustible controlada mediante el sistema mecatrónico 97
- 4.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 98
- 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 100
- 4.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS 102
- CONCLUSIONES..... 104
- RECOMENDACIONES 105
- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 106
- ANEXOS..... 110



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables de Estudio	7
Tabla 2 Tipos de Bombas de Inyección en línea P	39
Tabla 3 Descripciones Técnicas del Vehículo JINBEI	49
Tabla 4 Técnicas e Instrumentos.	56
Tabla 5 Características Técnicas del Regulador L7809	67
Tabla 6 Características Técnicas del Regulador L7805.	68
Tabla 7 Características Técnicas del Módulo Puente H L298N	69
Tabla 8 Características Técnicas del Arduino UNO.	70
Tabla 9 Tabla de Registro de Resultados monitoreados Mediante Escáner Automotriz.	99



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mecatrónica y sus Diferentes disciplinas.....	14
Figura 2 Controlador del Ahorcador de Combustible.	16
Figura 3 Bomba de Inyección de Vehículo Jinbei.....	18
Figura 4 Diagrama del Sistema de Alimentación de Combustible.	22
Figura 5 Componentes Externos de una Bomba de Inyección Lineal.....	24
Figura 6 Componentes de bombeo de una Bomba de Inyección Lineal.....	25
Figura 7 Árbol de levas.	25
Figura 8 Bomba de Alimentación.....	27
Figura 9 Carter.	28
Figura 10 Impulsor de Rodillo.	29
Figura 11 Fases de Trabajo del Embolo o Pistón.....	30
Figura 12 Cilindro o Cámara de presión.	31
Figura 13 Vista en Corte Lateral de la Bomba de Inyección Lineal.....	32
Figura 14 Vista en Corte Frontal de la Bomba de Inyección.	32
Figura 15 Fases de Movimiento de la Cremallera.	34
Figura 16 Válvula de Presión.	35
Figura 17 Asientos de Válvula.	36
Figura 18 Juego de Líneas de Inyector de Combustible Diesel	37
Figura 19 Tipos de Bomba de Inyección Lineal.....	38
Figura 20 Reguladores de Mínimo y Máximo RQ.....	40
Figura 21 Esquema del Regulador Fuera de la Carcasa	42
Figura 22 Esquema de Posición de Parada del Ahorcador.....	43



Figura 23 Esquema de Posición de Arranque del Ahorcador.	44
Figura 24 Esquema de Posición de Ralentí del Ahorcador.	44
Figura 25 Vista del Inyector en el Motor	46
Figura 26 Inyector de Combustible para Yuchai YC4F	47
Figura 27 Vehículo JINBEI Modelo HAISE.	49
Figura 28 Descripción del Modelo del Motor.	51
Figura 29 Vista del Motor YC4F	53
Figura 30 Ahorcador o Gobernador de Combustible	58
Figura 31 Gobernador o Ahorcador de Combustible.	59
Figura 32 Ubicación del Ahorcador de Combustible en motor YC4F.	60
Figura 33 Ubicación del Ahorcador de Combustible Vista desde Arriba y Abajo... 60	
Figura 34 Diseño del Sistema mecánico en SolidWorks.	62
Figura 35 Regulador L7809 9V 1.5A.....	66
Figura 36 Modulo Driver L298N	70
Figura 37 Arduino UNO.....	71
Figura 38 Atmega 328p con Encapsulado DIP28.....	72
Figura 39 Diagrama de Pines del Arduino Uno.	73
Figura 40 Interfaz principal de la IDE de Arduino.	74
Figura 41 Diagrama de conexiones y Simulación del Sistema en el software Proteus.	77
Figura 42 Diagrama de Flujo de Control.....	80
Figura 43 Ventana del Software de Arduino Ide	81
Figura 44 Definición de Constantes y Variables.....	82
Figura 45 Void Setup de la Programación.....	82



Figura 46 Void Loop de la Programación.	83
Figura 47 Funciones Auxiliares.....	84
Figura 48 Ejecución de Código en la Plataforma Arduino IDE.....	86
Figura 49 Transferencia del Código Hacia el Arduino Uno.	87
Figura 50 Selección de la Placa Arduino Uno y Puerto de Comunicación en el IDE de Arduino.	88
Figura 51 Vista Superior de un Motor Diésel YC4F del Vehículo Jinbei.	89
Figura 52 Mecanismo de Activación del Ahorcador de Combustible.	90
Figura 53 Sistema Mecánico.....	91
Figura 54 Montaje del Sistema de Control de Motor utilizando Arduino y Driver L298N	92
Figura 55 Conexión del Interfaz del Escáner FCAR – E81 por OBDII.	93
Figura 56 Visualización de los datos del Escáner FCAR – E81.....	94
Figura 57 Datos Interpretados por el Escáner FCAR - E81	95
Figura 58 Gráficas Proporcionadas por el Escáner.....	96
Figura 59 Prueba del Ahorcador de Combustible.....	98



RESUMEN

Este proyecto de investigación se enfocó en desarrollar una solución mecatrónica para el sistema de control del ahorcador de combustible en la bomba de inyección lineal Diesel.

El objetivo fue la implementación mecatrónica del control de ahorcador de combustible en bombas de inyección de vehículos Jinbei modelo Haise, en la región Puno, 2024. Se ha aplicado el diseño experimental, buscando relaciones de causa y efecto mediante la manipulación controlada de condiciones experimentales. La población del estudio son aquellos con vehículos Jinbei operativos en Puno. La muestra seleccionada es un vehículo JinBei modelo Haise en la meseta del Collao.

Se utilizarán técnicas para evaluar y detectar problemas en el dispositivo de control de ahorcador de combustible en las bombas de inyección de los vehículos Jinbei, durante 2024. Los resultados clave incluyen un 90% de compatibilidad en la integración del sistema Arduino. El sistema mostró una adaptabilidad notable a condiciones de operación y manejo del vehículo con solo 3% de variación en su rendimiento, validando su eficacia en entornos de altura. La implementación mecatrónica logró optimizar tanto el rendimiento vehicular y la recuperación de confort de la operatividad del vehículo así como también la eficiencia energética, cumpliendo los objetivos de mejora en el sistema de ahorcador de combustible en bombas de inyección en vehículos Jinbei modelo Haise.

Palabras claves: Mecatrónica, control, ahorcador, combustible, bombas, inyección.



ABSTRAC

This research project focused on developing a mechatronic solution for the fuel throttle control system in the linear Diesel injection pump.

The objective was the mechatronic implementation of fuel throttle control in injection pumps for Jinbei Haise model vehicles in the Puno region, 2024. An experimental design was applied, seeking cause-and-effect relationships through controlled manipulation of experimental conditions. The study population consisted of operational Jinbei vehicles in Puno, with the selected sample being a Jinbei Haise model vehicle on the Collao plateau.

Techniques were used to evaluate and detect problems in the fuel throttle control device of Jinbei vehicles' injection pumps during 2024. Key results include a 90% compatibility rate in the Arduino system integration. The system demonstrated remarkable adaptability to operating and vehicle handling conditions, with only a 3% performance variation, validating its effectiveness in high-altitude environments. The mechatronic implementation successfully optimized both vehicle performance and operational comfort recovery, as well as energy efficiency, meeting the objectives of improving the fuel throttle system in Jinbei Haise model vehicles' injection pumps.

Keywords: Mechatronics, control, throttle, fuel, pumps, injection.



INTRODUCCION

El sector automotriz está experimentando un rápido desarrollo tecnológico, con un enfoque creciente en la eficiencia energética y la reducción de emisiones contaminantes. En este contexto, el control preciso del sistema de inyección de combustible es fundamental para optimizar el rendimiento del motor.

Este proyecto se centra en la implementación mecatrónica de un sistema de control del ahogador de combustible en vehículos Jinbei que operan a una altitud de 3.859 metros sobre el nivel del mar en la región de Puno, Perú, en 2024. Esta altitud representa un desafío para el funcionamiento eficiente de los motores de combustión interna, ya que la menor densidad del aire afecta la combustión interna y el rendimiento.

El objetivo principal es desarrollar e implementar un sistema mecatrónico que controle el ahorcador de combustible en estos vehículos, garantizando un funcionamiento óptimo. Para ello, se emplearán técnicas de control, combinando sistemas eléctricos, mecánicos, actuadores y algoritmos de programación.

La implementación de este sistema mejorará el rendimiento y la eficiencia del vehículo en condiciones de diferente operación de manejo, reduciendo también las emisiones contaminantes y el consumo de combustible. Además, servirá como plataforma de investigación y desarrollo en mecatrónica aplicada a la industria automotriz, con potenciales aplicaciones en otros modelos y marcas.



CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El parque automotriz en la región de Puno ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por la introducción de nuevas tecnologías electrónicas modulares que permiten a los vehículos adaptarse a diversas condiciones climáticas y cambiantes que presenta nuestra región. Dentro de la tendencia actual, los vehículos diésel con sistemas de inyección lineal son muy recurrentes en la región. Sin embargo, estos vehículos presentan un desafío particular, ya que están compuestos por múltiples subsistemas que carecen de repuestos disponibles, no pueden ser reparados y tampoco reciben el adecuado mantenimiento.

Un ejemplo de estos subsistemas problemáticos es el sistema de ahorcamiento de combustible presente en los vehículos Jinbei Haise, utilizados comúnmente para el transporte de pasajeros en zonas rurales. Este sistema controla el encendido y apagado del motor al permitir la sobrealimentación de combustible de la bomba de inyección. Lamentablemente, la falta de disponibilidad



de piezas de repuesto y la imposibilidad de reparar este componente han generado serios problemas operativos y de control del motor para los usuarios.

Ante esta situación, algunos conductores han recurrido a soluciones provisionales, como el uso de cuerdas o hilos, para poder manipular manualmente el sistema de ahorcamiento o ahogamiento. Si bien estas alternativas les permiten mantener la operatividad del vehículo, generan incomodidad y dificultad de uso, especialmente para los nuevos conductores que no están familiarizados con estas técnicas.

Esta problemática pone en evidencia la necesidad urgente de desarrollar e implementar un sistema mecatrónico que permita controlar de manera eficiente y confiable el ahorcador de combustible en los vehículos Jinbei Haise. Tal solución tecnológica no solo mejoraría la operatividad de estos vehículos, sino que también facilitaría su uso en condiciones reales de conducción en zonas de alta altitud, donde este tipo de sistemas juega un papel fundamental.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema General

- ¿Cómo la implementación de un sistema mecatrónico de control de ahorcador de combustible puede optimizar el funcionamiento de las bombas de inyección lineal en vehículos Jinbei modelo Haise en la región de Puno, 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo diseñar un sistema mecánico eficiente y seleccionar los componentes electrónicos adecuados para el control del ahorcador de combustible en vehículos Jinbei modelo Haise?



- ¿Cómo desarrollar un programa de control eficaz utilizando una placa de Arduino para gestionar el sistema del ahorcador de combustible en vehículos Jinbei modelo Haise?
- ¿Cómo implementar e integrar de manera efectiva el sistema mecatrónico de control del ahorcador de combustible en vehículos Jinbei modelo Haise?

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivo General

- Implementar un sistema mecatrónico de control de ahorcador de combustible en bombas de inyección lineal de vehículos Jinbei modelo Haise, en la región Puno, 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diseñar el sistema mecánico y seleccionar los componentes electrónicos.
- Desarrollar la programación del sistema de control mediante una placa de Arduino.
- Implementar e integrar el sistema mecatrónico de control del ahorcador.

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. Justificación práctica

La implementación mecatrónica de control de ahorcador de combustible en bombas de inyección de vehículos de la marca Jinbei en la meseta del Collao, Puno, en el año 2024, ofrece una justificación práctica sólida al optimizar el rendimiento del motor, mejorar la experiencia del usuario, promover la sostenibilidad ambiental y fomentar la innovación tecnológica y el desarrollo local.



1.4.2. Justificación teórica

La justificación teórica de la implementación mecatrónica de control de ahorcador de combustible en vehículos Jinbei en la meseta del Collao, Puno, en el año 2024, se apoya en una sólida comprensión de los principios de la combustión interna, la mecánica de fluidos, los sistemas de control mecatrónico, el modelado y la simulación, así como en el objetivo de optimizar el rendimiento del motor en condiciones extremas de altitud.

1.4.3. Justificación metodológica

La justificación metodológica de la implementación mecatrónica de control de ahorcador de combustible en vehículos Jinbei en la meseta del Collao, Puno, en el año 2024, se basa en la aplicación de un enfoque sistemático y multidisciplinario que abarca desde la investigación preliminar hasta la implementación en campo, con énfasis en la validación, el monitoreo continuo y la difusión de resultados.

1.4.4. Justificación económica

La implementación mecatrónica de control de ahorcador de combustible en vehículos Jinbei en la meseta del Collao, Puno, en el año 2024, se justifica económicamente por su capacidad para reducir los costos de combustible, aumentar la vida útil del motor, mejorar la productividad y eficiencia operativa, cumplir con regulaciones ambientales, y proporcionar una ventaja competitiva y un posicionamiento de marca en el mercado. Estos beneficios económicos hacen que la inversión en esta tecnología sea altamente rentable para empresas y operadores de transporte en la región de Puno.



1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones de la investigación sobre la implementación mecatrónica de control de ahorcador de combustible en bombas de inyección de vehículos Jinbei modelo Haise, en Puno, 2024, incluyen varios aspectos clave. La investigación se limita a una altitud específica de 3859 metros en la meseta del Collao, lo que puede afectar la generalización de los resultados a otras altitudes. Además, la muestra de solo un vehículo Jinbei puede no ser representativa.

Las condiciones ambientales de Puno, como temperatura, presión atmosférica y humedad, pueden influir en los resultados y no ser extrapolables a otras regiones. La precisión y disponibilidad de los instrumentos utilizados también pueden afectar la exactitud de las mediciones. La variabilidad en la calidad del combustible en la región puede impactar el desempeño del sistema, y el tiempo de estudio durante 2024 puede no ser suficiente para evaluar la durabilidad a largo plazo.

Factores humanos, como la habilidad de los técnicos, y los costos de implementación y mantenimiento pueden limitar el alcance del proyecto. La falta de datos históricos precisos sobre el desempeño de los vehículos Jinbei también puede afectar la comparación de resultados. Finalmente, la aceptación del sistema por parte de los propietarios puede estar influenciada por factores socioeconómicos no abordados en el estudio.

1.6. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Hipótesis General

- La implementación de un sistema mecatrónico de control de ahorcador de combustible optimizará significativamente el funcionamiento de las bombas de



inyección lineal en vehículos Jinbei modelo Haise, mejorando su eficiencia y rendimiento en las condiciones específicas de la región de Puno.

1.6.2. Hipótesis específicas

- El diseño de un sistema mecánico optimizado y la selección de componentes electrónicos idóneos permitirá implementar un sistema de control del ahorcador de combustible que mejore el rendimiento y la eficiencia de los vehículos Jinbei modelo Haise.
- El desarrollo de un programa de control basado en una placa de Arduino permitirá implementar un sistema mecatrónico capaz de regular eficientemente el ahorcador de combustible en vehículos Jinbei modelo Haise.
- La implementación e integración adecuada del sistema mecatrónico de control del ahorcador de combustible mejorará el desempeño y la eficiencia de los vehículos Jinbei modelo Haise.

1.7. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Variable Independiente

- Sistema Mecatrónico de control del ahorcador de combustible

1.7.2. Variable Dependiente

- Bombas de inyección de vehículos Jinbei.



1.8. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de Variables de Estudio

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
Variable independiente	Sistema Mecatrónico de Control de Ahorcador de Combustible	Precisión de control	Desviación del ángulo de apertura	Grados (°)
		Eficiencia energética	Consumo de corriente	Amperios
		Tiempo de respuesta	delay señal-actuación	Milisegundos(ms)
Variable dependiente	Bombas de Inyección de Vehículos Jinbei	Presión de combustible	Flujo Volumétrico	Bares (bar)
		Estabilidad de Inyección	Variación de presión	%
		Durabilidad	Horas de Operación sin fallos	Horas(h)

Nota: *operacionalización de Variables. Fuente: Elaboración propia.*



CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. A nivel internacional

(Suarez, 2022) en su trabajo de grado titulado: “diseño y construcción de una computadora automotriz con microcontrolador Arduino para controlar las funciones de la gestión electrónica de un motor de combustión interna mediante parámetros programables”, trabajo que fue presentado a la Universidad Técnica del Norte, con el propósito previo para la obtención del título de Ingeniería de Mantenimiento Automotriz, en la que planteo el siguiente. Objetivo: Diseñar una computadora automotriz con microcontrolador Arduino para controlar las funciones de la gestión electrónica de un motor de combustión interna mediante parámetros programables. La metodología fue realizada mediante un diagrama de flujo con los diversos procesos que se siguieron para lograr obtener la computadora automotriz con microcontrolador Arduino, destinada al control de las funciones de la gestión electrónica de un motor de combustión interna mediante parámetros programables. El resultado fue la muestra de los procesos que se aplicaron para la obtención de la placa de control y las funciones modificables que se pudieron adquirir con el uso del



microcontrolador Arduino en el diseño y construcción de una computadora automotriz que cuente con este circuito para controlar las funciones de la gestión electrónica de un motor de combustión interna mediante parámetros programables. Esto llevo a la siguiente conclusión en donde la gestión electrónica del motor, los sensores envían señales físicas a la unidad de control, que las analiza y genera señales de control para los actuadores. Los sensores se simulan con potenciómetros o divisores de voltaje, y los actuadores se controlan mediante modulación por ancho de pulso (PWM). El microcontrolador Arduino procesa las señales, las convierte en digitales y controla los actuadores, utilizando software como TunerStudio. Para manejar el alto consumo de corriente, se utiliza una placa electrónica con transistores Mosfet que conmutan la corriente y el voltaje necesarios para los sistemas electrónicos.

(Robinson, 2018) en su trabajo de titulación titulado: " Estudio del comportamiento de la bomba lineal y rotativa en el banco de pruebas para proponer un manual de mantenimiento", trabajo que fue presentado a la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga, con el propósito previo a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz, en la que se planteó el siguiente. Objetivo: fue elaborar un manual de mantenimiento destinado a las bombas de inyección diésel lineal tipo P y rotativa tipo DPA, utilizando una metodología descriptiva y aplicada. Este enfoque permitió adquirir un profundo entendimiento de su funcionamiento y sus componentes, facilitando un despiece preciso y el uso adecuado de las herramientas necesarias para el mantenimiento de estas bombas especializadas. El resultado fue la obtención de un amplio conocimiento sobre el funcionamiento de las bombas y sus componentes, lo que asegura la prevención de



daños tanto en las herramientas como en los componentes individuales de las bombas de inyección diésel. Estos logros llevaron a la conclusión de que se llevó a cabo un estudio exhaustivo de las bombas de inyección lineal tipo P y rotativa tipo DPA para establecer los parámetros de construcción de las herramientas necesarias para su desmontaje. Se realizó un análisis teórico detallado de cada componente de las bombas de inyección para comprender su funcionamiento, lo que destacó la importancia de poseer el conocimiento adecuado antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento.

2.1.2. A nivel nacional

(Rodas, 2023) en su trabajo de suficiencia profesional titulado: "Innovación y fabricación de un banco de pruebas para bombas de inyección Diesel y bombas de alta presión common rail", trabajo que fue presentado a la Universidad Nacional del Callao, con el propósito de obtener el grado de Ingeniero Mecánico, en la que se planteó el siguiente. Objetivo: se llevó a cabo la innovación y fabricación de un prototipo de banco de pruebas destinado a calibrar bombas de inyección para motores diésel, así como bombas de alta presión common rail, cumpliendo con los parámetros establecidos y el tiempo programado. Esta tarea se desarrolló utilizando una metodología basada en la investigación experimental. Los resultados alcanzados al concluir este proyecto fueron satisfactorios, ya que se lograron cumplir con los objetivos planteados y la máquina está actualmente en funcionamiento, produciendo eficientemente en el laboratorio diésel. Estos logros condujeron a la conclusión de que la ejecución de la innovación, fabricación y puesta en marcha del prototipo del banco de pruebas para la calibración de bombas de inyección y bombas de alta presión common rail se realizó dentro del tiempo



establecido. Esto fue posible gracias a la planificación meticulosa de los procedimientos, su seguimiento y control, lo que resultó en un aumento de hasta el 30% en la productividad del laboratorio mediante esta fabricación.

(Lira, 2020) en su artículo titulado: "Sistema para mejorar la estabilidad de los motores Diesel en regímenes de bajas cargas y velocidades", trabajo que fue presentado a la Universidad Nacional de Ingeniería, con el propósito de mejorar la estabilidad de funcionamiento de los motores Diesel en regímenes de bajas cargas y velocidades de rotación, mediante el empleo de válvulas especiales y sencillas, denominadas RND, en la que se aplicó la siguiente. Metodología: a través de la investigación experimental, se realizó la manipulación de la válvula RND, lo cual condujo a obtener el siguiente resultado: la demostración de una mayor estabilidad en el sistema de inyección Diesel durante los regímenes de bajas cargas y velocidades al instalar la válvula RND. Esto se logró mediante la obtención de oscilogramas de presión de ciclos sucesivos, que permitieron analizar las variaciones de presión y el suministro cíclico de combustible a lo largo de una serie de ciclos de inyección. Estos hallazgos llevaron a la conclusión de que el sistema de regulación de la presión inicial de inyección RND mejora la estabilidad del proceso de inyección, especialmente en los regímenes de bajas cargas y velocidades, los cuales son comunes en el funcionamiento de los motores automotrices.

(Ramirez, 2016) en su trabajo de investigación titulado: "Análisis del comportamiento del flujo transitorio en un sistema de inyección de un motor Diesel", trabajo que fue presentado a la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, con el propósito de obtener el grado de Ingeniero Mecánico, en la que se planteó el



siguiente. Objetivo: fue desarrollar un modelo matemático simplificado para analizar el comportamiento del flujo transitorio en el sistema de inyección de un motor diésel. La metodología aplicada fue teórica, excluyendo la presentación de modelos físicos o proyectos de prueba. Los resultados obtenidos lograron satisfacer las demandas en cuanto a una característica de inyección en todos los intervalos de régimen de trabajo del motor durante el diseño. Estos resultados llevaron a la siguiente conclusión: se llevó a cabo un análisis matemático para describir el movimiento transitorio de un flujo ideal, utilizando el principio de conservación de la masa. Se adoptó un cubo elemental de lados diferenciales como volumen de control, lo que permitió obtener la ecuación diferencial de la continuidad. Esta ecuación, junto con las ecuaciones de cantidad de movimiento para las direcciones Y y Z, forman las ecuaciones de Navier-Stokes. Estas ecuaciones, a su vez, permiten definir la ecuación de Euler como el pilar de la investigación.

2.1.3. A nivel local

(Chambilla 2019), en su trabajo de investigación titulado: "Análisis de fallas de la bomba de alta presión common rail de la camioneta Volkswagen Amarok para zonas altiplánicas de la región puno", trabajo que fue presentado a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, con el propósito de obtener el grado de Ingeniero Mecatrónico, en la que se planteó el siguiente. Objetivo: fue examinar las deficiencias de la bomba de alta presión common rail en la camioneta Volkswagen Amarok en las áreas elevadas de la región Puno. Se utilizó la metodología, con enfoque de investigación cuasi experimental, donde se analizó el rendimiento defectuoso de la bomba mediante métodos científicos y herramientas de medición. Esto condujo a los siguientes hallazgos: se evaluaron las fallas de la bomba, se



midieron los fluidos utilizando un manómetro automotriz y se examinaron los parámetros de operatividad con un escáner automotriz. Además, se logró ajustar la presión máxima del sistema mediante la válvula reguladora de presión common rail en la camioneta diésel Volkswagen Amarok, lo que permitió regular la presión para un funcionamiento óptimo del motor. Estos resultados llevaron a las siguientes conclusiones: el uso del manómetro automotriz fue efectivo para identificar las fallas en la bomba de alta presión, y durante las pruebas se pudo medir los fluidos para analizar su comportamiento. La camioneta registró una presión de 1000 bar en el sistema de aceleración, lo que indica un funcionamiento adecuado de la bomba. Además, se llevó a cabo la medición del sensor de presión del riel durante el arranque para verificar su funcionamiento.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Sistemas Mecatrónicos

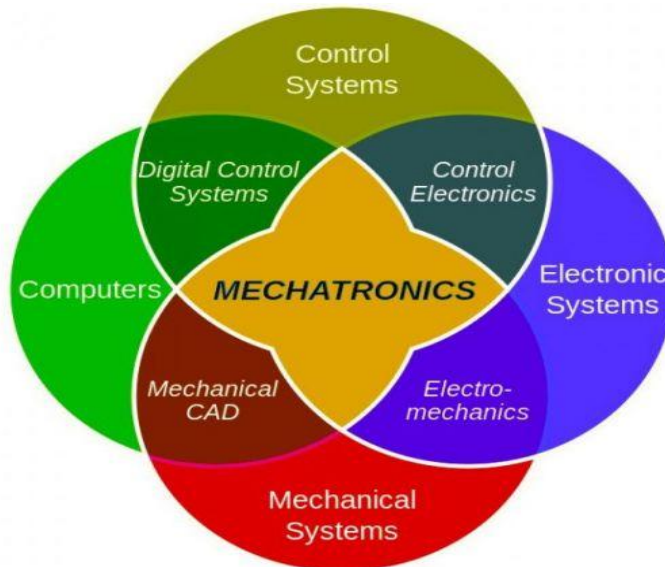
Un sistema mecatrónico es una aproximación interdisciplinaria que integra armónicamente la ingeniería mecánica, electrónica, de control y computacional para el diseño de sistemas complejos y altamente funcionales (Khalil & Graichen, 2018). Esta metodología de diseño busca combinar múltiples disciplinas tecnológicas con el objetivo de crear soluciones innovadoras que superen las limitaciones de los sistemas tradicionales, permitiendo un rendimiento más eficiente y adaptable.

Según Ogata (2010), la mecatrónica surge como respuesta a la necesidad de desarrollar sistemas más inteligentes y versátiles, donde la interacción entre componentes mecánicos, electrónicos y computacionales permite una optimización integral del rendimiento. La característica fundamental de estos sistemas radica en

su capacidad para integrar sensores, actuadores y unidades de procesamiento que trabajan de manera coordinada y dinámica.

Figura 1

Mecatrónica y sus Diferentes disciplinas.



Nota: La definición presentada por J. A. Rietdijk establece que la mecatrónica es la integración sinérgica de la ingeniería mecánica de alta precisión, la electrónica, el control automático y los sistemas, con el objetivo de diseñar productos y procesos.

Fuente: (International Training, 2019).

Los componentes principales de un sistema mecatrónico incluyen sistemas mecánicos, sistemas electrónicos, sistemas de control y software especializado (Bolton, 2015). Esta integración permite que los dispositivos no solo ejecuten funciones mecánicas predeterminadas, sino que también puedan adaptarse, aprender y responder de manera inteligente a diferentes condiciones operativas, lo que representa una evolución significativa respecto a los sistemas tradicionales.



En el contexto automotriz, los sistemas mecatrónicos han revolucionado el control de los vehículos, permitiendo mejoras sustanciales en áreas como la gestión del motor, control de tracción, sistemas de seguridad y eficiencia energética (Reif, 2014). Estos sistemas utilizan una combinación de sensores, actuadores y unidades de procesamiento para optimizar el rendimiento y mejorar la experiencia de conducción.

2.2.2. Control de ahorcador de combustible

El control de ahorcador de combustible se refiere a un sistema de gestión que regula el ingreso de combustible diesel suministrado a la bomba de inyección de un vehículo de combustión interna, con el fin de gestionar el encendido y apagado del motor de combustión interna. Este control se realiza mediante el cierre o apertura precisa de la cantidad ingresada de combustible (Vejarano, 2017).

El término "ahorcador" se refiere a la restricción o regulación del flujo de combustible, de manera que se suministre la cantidad óptima para una combustión eficiente, sin excesos ni deficiencias que puedan afectar el rendimiento del motor (Vejarano, 2017), también fundamentado por (Pérez, 2007). Este control puede llevarse a cabo mediante sistemas mecánicos, electrónicos o mecatrónicos, que monitorean las condiciones de funcionamiento de la bomba de inyección y ajustan el paso de combustible, el control de ahorcador de combustible es un componente clave en los sistemas de inyección de combustible de los vehículos, que tiene como objetivo principal mejorar la eficiencia de control del gobernador o ahorcador bajo condiciones específicas requeridas (Vejarano, 2017).

Figura 2

Controlador del Ahorcadador de Combustible.



Nota: El sistema ahorcadador de combustible, como se ilustra, está compuesto por dos solenoides acompañados de sus respectivos reguladores, los cuales controlan el flujo de combustible hacia la bomba de inyección del vehículo. Fuente: Elaboración propia.

Según el ingeniero mecánico Joseph Heitner en su libro "Advanced Engine Technology", el control del ahorcadador de combustible se refiere a un sistema de gestión del motor que ajusta la cantidad de combustible que se proporciona al motor según las condiciones de operación, con el objetivo de optimizar la eficiencia del combustible y reducir las emisiones contaminantes (Guacollante et al., 2010).



Según el ingeniero automotriz Vincenzo Di Marzo en su obra "Advanced Direct Injection Combustion Engine Technologies and Development", el control del ahorcador de combustible es una técnica empleada en sistemas de inyección directa que permite regular la cantidad de combustible inyectado en cada ciclo de combustión. Su propósito es optimizar la mezcla de aire y combustible, lo que contribuye a mejorar el rendimiento del motor (Vejarano, 2017).

2.2.3. Características del control de ahorcador de combustible

El control del ahorcador de combustible cuenta con varias características esenciales que son cruciales para su funcionamiento eficiente en los sistemas de inyección de combustible de los automóviles (Castillo, 2014).

Precisión en la dosificación del combustible: El control de ahorcador de combustible debe ser capaz de dosificar con precisión la cantidad de combustible suministrado al motor en cada ciclo de combustión, asegurando una mezcla aire-combustible óptima para una combustión eficiente y potente (Castillo, 2014).

Rapidez en la respuesta: Es importante que el control de ahorcador de combustible pueda responder rápidamente a las variaciones en las condiciones de funcionamiento del motor, ajustando la cantidad de combustible suministrado en tiempo real para mantener un rendimiento óptimo y evitar desviaciones significativas en la mezcla aire-combustible (Castillo, 2014).

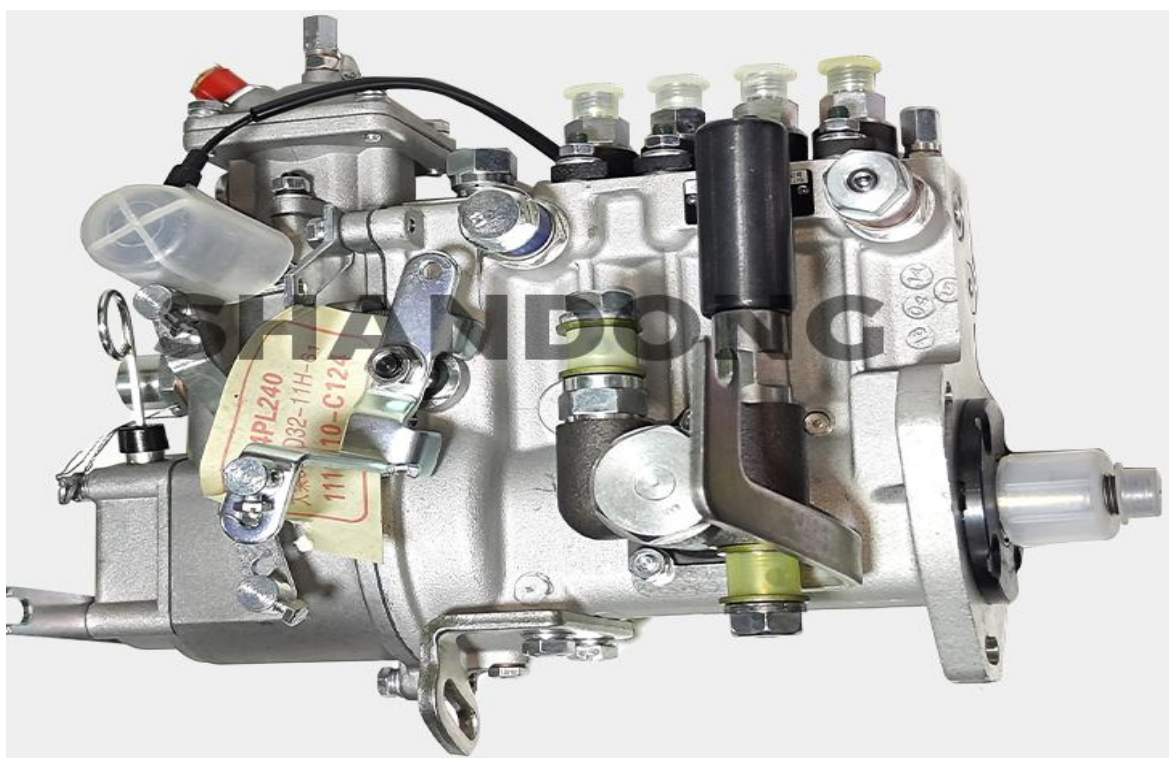
Fiabilidad y durabilidad: El sistema debe ser robusto y confiable, capaz de funcionar de manera consistente y precisa durante largos períodos de tiempo sin fallos ni degradación en su rendimiento, garantizando así la durabilidad y la integridad del motor (Vejarano, 2017).

2.2.4. Bombas de inyección de vehículos de la marca Jinbei

Las bombas de inyección de vehículos de la marca jinbei son componentes fundamentales de los sistemas de inyección utilizados en los motores diésel de los vehículos fabricados por la empresa Jinbei. Estas bombas de inyección son responsables de suministrar el combustible de manera controlada y precisa al motor, garantizando una mezcla adecuada de combustible y aire para la combustión interna (Pérez, 2007).

Figura 3

Bomba de Inyección de Vehículo Jinbei.



Nota: Bomba de inyección lineal para Jinbei SY1040, suministra diésel a alta presión de forma precisa a los inyectores. Fuente: (Shandong, 2015).

Las bombas de inyección pueden estar diseñadas para operar con distintos tipos de sistemas de inyección. Además, estas bombas pueden incluir



características específicas de control y ajuste que les permiten adaptarse a diversas condiciones de funcionamiento del motor, asegurando un rendimiento óptimo en todo momento (Pérez, 2007).

De acuerdo con el ingeniero automotriz John Smith en su libro "Introducción a los sistemas de inyección de combustible", las bombas de inyección de Jinbei son dispositivos mecánicos de alta precisión que se encargan de suministrar combustible a los motores de vehículos diésel. Estas bombas son responsables de generar la presión necesaria para inyectar el combustible en los cilindros del motor, lo que garantiza un funcionamiento eficiente y confiable del sistema de inyección (Pérez, 2007).

De acuerdo con el manual técnico de la marca Jinbei, las bombas de inyección son componentes clave de los sistemas de inyección diésel utilizados en sus vehículos. Estas bombas están diseñadas para ofrecer un rendimiento óptimo y una dosificación precisa del combustible, asegurando una combustión eficiente y reduciendo las emisiones contaminantes. Además, las bombas de inyección de Jinbei pueden incorporar tecnologías avanzadas de control y diagnóstico para mejorar su funcionamiento y facilitar su mantenimiento (Pérez, 2007).

En el artículo "Tecnologías de inyección de combustible en vehículos diésel" de los autores García López y Martínez Ruiz, se define la bomba de inyección de Jinbei como un componente crítico que forma parte del sistema de inyección common rail utilizado en sus vehículos diésel. Esta bomba es responsable de generar la presión necesaria para alimentar los rieles de inyección, asegurando una distribución uniforme del combustible a los cilindros del motor y optimizando así su rendimiento y eficiencia.



2.2.5. Características de las bombas de inyección de vehículos Jinbei

Las características de las bombas de inyección de vehículos de la marca Jinbei pueden variar según el modelo específico y la tecnología utilizada en cada vehículo.

Alta precisión: Las bombas de inyección de Jinbei están diseñadas para proporcionar una dosificación precisa del combustible, garantizando una mezcla adecuada de aire y combustible en el motor Diesel para una combustión eficiente.

Eficiencia energética: Las bombas de inyección de Jinbei están diseñadas para ser energéticamente eficientes, maximizando la cantidad de energía transferida al combustible y minimizando las pérdidas por fricción y calor.

Durabilidad y fiabilidad: Jinbei se esfuerza por fabricar bombas de inyección duraderas y confiables que puedan soportar condiciones de funcionamiento exigentes y ofrecer un rendimiento consistente a lo largo del tiempo.

Compatibilidad con sistemas de gestión del motor: Las bombas de inyección de Jinbei están diseñadas para ser compatibles y trabajar en conjunto con otros componentes del sistema de gestión del motor.

Adaptabilidad a diferentes condiciones de operación: Estas bombas de inyección suelen ser capaces de ajustarse automáticamente para adaptarse a diferentes condiciones de funcionamiento del vehículo, como cambios en la carga, la velocidad y la temperatura ambiente, asegurando un rendimiento óptimo en todo momento.

Cumplimiento de normativas ambientales: Jinbei se preocupa por fabricar bombas de inyección que cumplan con las normativas ambientales y regulaciones de emisiones, contribuyendo así a la reducción de la contaminación atmosférica y al cumplimiento de estándares medioambientales más estrictos.



2.2.6. El sistema de suministro de combustible

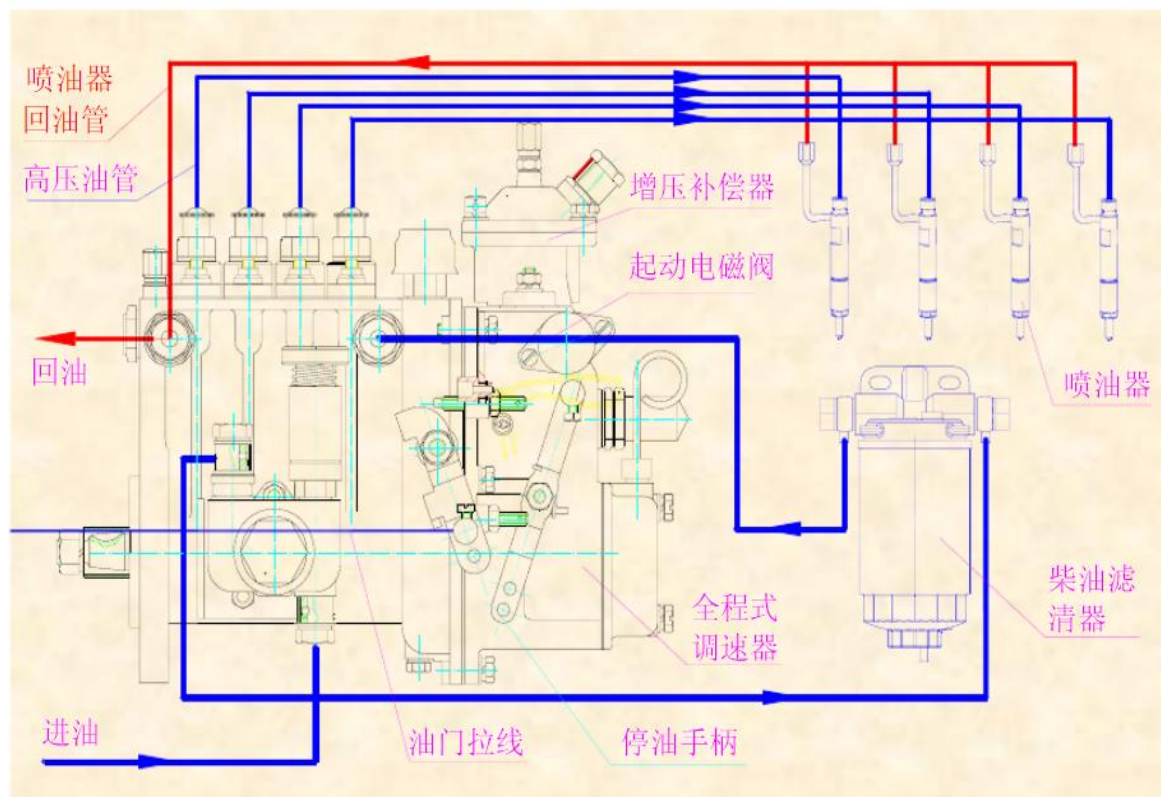
El sistema de suministro de combustible del motor diésel Serie YC4F está integrado por diversos componentes, incluyendo el tanque de combustible (situado en el chasis del vehículo), la bomba de combustible, el filtro de combustible, la bomba de inyección, el gobernador, el ángulo de avance de la inyección, el limitador de humo, así como los conductos de alta y baja presión, que permiten el corte del suministro de combustible (Maquinaria YUCHAI Cia. Ltda., 2005, pág. 41).

El sistema de combustible es el siguiente: El combustible se desplaza desde el tanque hasta la bomba de combustible, ubicada externamente a la bomba de inyección. Luego, pasa por la bomba de inyección, donde se presuriza, y fluye a través del filtro de combustible, que se encarga de separar el agua. Posteriormente, el combustible llega a la bomba de alta presión. Según el ciclo de trabajo del motor diésel, el combustible presurizado es enviado de manera dosificada a través de los conductos de alta presión hacia cada inyector, donde se atomiza y se inyecta en la cámara de combustión. El combustible restante, que no es utilizado, regresa al tanque a través de una válvula de alivio y el inyector. Para asegurar la seguridad en el tráfico, el sistema de combustible y todas las rutas de tuberías deben estar selladas y ser confiables. Es fundamental realizar inspecciones diarias para garantizar que las tuberías estén en perfectas condiciones antes de poner en marcha el motor. Si se detecta algún problema, como fugas en las conexiones de las tuberías o pernos, es necesario solucionar el problema o reemplazar la tubería afectada. No se permite reparar o soldar las tuberías para reutilizarlas después (Maquinaria YUCHAI Cia. Ltda., 2005, pág. 41).

El motor diésel de la serie 4F está diseñado para utilizar un gobernador de motor diésel que regula la velocidad y permite un funcionamiento constante a cualquier velocidad. Este sistema controla la cantidad de combustible suministrada en función de la velocidad, utilizando un brazo y un bloqueo para establecer diferentes posiciones de carga (Maquinaria YUCHAI Cia. Ltda., 2005, pág. 42).

Figura 4

Diagrama del Sistema de Alimentación de Combustible.



Nota: La línea azul indica el flujo de combustible que ingresa a la bomba de inyección y se dirige a los inyectores, mientras que la línea roja representa el retorno del combustible al tanque. Fuente: Tomada del Manual del Manejo y Mantenimiento del Motor Diesel [imagen]. Maquinaria YUCHAI Cia. Ltda., 2005, <https://manualmachine.com/yuchai/yc4feii/4534753-service-manual/>.



El conjunto de la bomba de inyección de los motores turbo está equipado con un compensador (o limitador de humo) para controlar la presión de combustible a bajas velocidades, especialmente cuando el compresor opera a baja presión, regulando así el volumen de combustible inyectado. Este sistema asegura que la cámara de combustión se coordine eficientemente con el flujo de aire, evitando la emisión excesiva de humo y proporcionando una fuerza impulsora adecuada. Es crucial que el tubo del compensador, conectado a la tráquea, no tenga fugas, ya que cualquier escape podría reducir significativamente la potencia del motor. (Maquinaria YUCHAI Cia. Ltda., 2005, pág. 43)

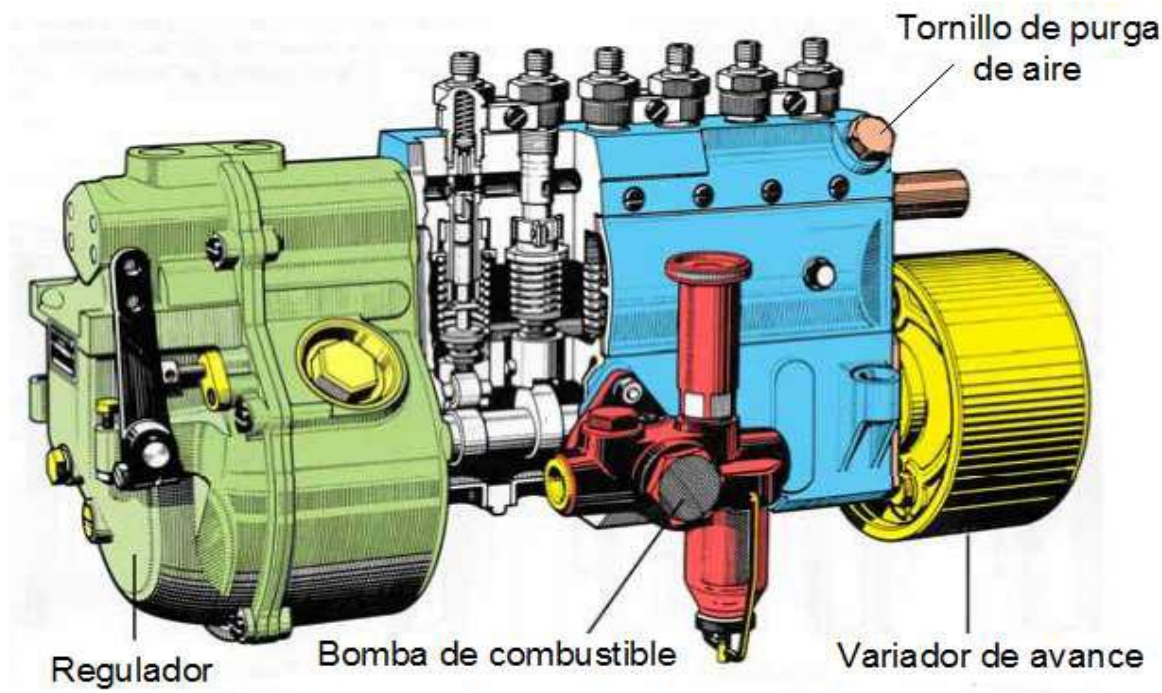
2.2.7. Bombas de inyección lineal

Las bombas de inyección son dispositivos utilizados en los motores diésel para suministrar combustible de manera controlada y precisa a los cilindros del motor por medio de los inyectores. Su principal funcionamiento es la de generar la presión necesaria para inyectar el combustible en los cilindros en el momento preciso durante el ciclo de combustión (Ramirez, 2016).

El mecanismo encargado de abastecer de combustible a los motores diésel es la bomba de inyección. Este aparato incrementa la presión del carburante para coordinarlo con el funcionamiento de los inyectores, administra la cantidad adecuada y controla los límites de velocidad del motor. En su configuración básica, consiste en una serie de pistones alineados que proveen a los inyectores un flujo variable de combustible, impulsado por un émbolo en cada cilindro.

Figura 5

Componentes Externos de una Bomba de Inyección Lineal.



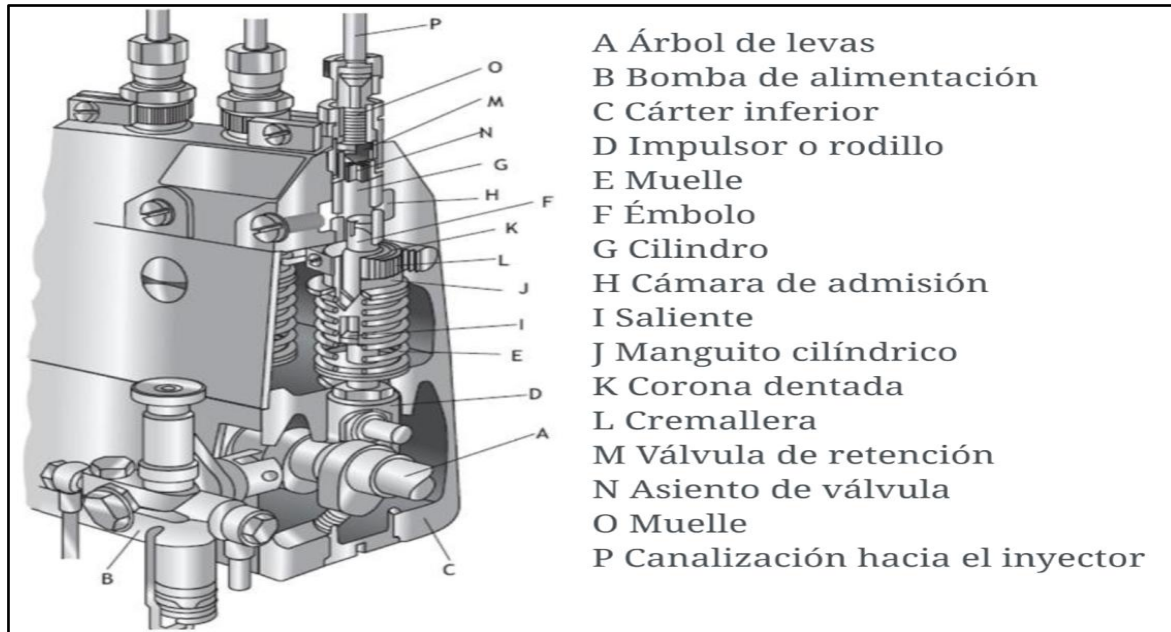
Nota: *Bomba de inyección lineal con regulador, variador de avance y tornillo de purga de aire, encargada de suministrar combustible a alta presión a los inyectores, garantizando el correcto funcionamiento del motor. Fuente: (Arévalo y Tejada, 2016).*

Es importante señalar que cada inyector se encuentra vinculado directamente a una parte específica de la bomba. El conjunto opera gracias a un componente central: el árbol de levas, el cual capta y distribuye el movimiento esencial para su operación.

2.2.7.1. Componentes de una bomba de inyección lineal

Figura 6

Componentes de bombeo de una Bomba de Inyección Lineal



Nota: Tomado de estructura bomba lineal [Imagen], por Sergio Navarro, 2013.

Fuente: Prezi (<https://prezi.com/ukaggyjrfr9/estructura-bomba-lineal-bosch/>).

2.2.7.1.1. Árbol de levas.

Está instalado sobre rodamientos, está fabricado en acero forjado y tratado térmicamente, lo que le otorga una gran resistencia al desgaste.

Figura 7

Árbol de levas.



Nota: También conocido como eje de levas las cuales están en contacto constante con los impulsores rodillo. Fuente: (Arévalo y Tejada, 2016).



La función de la leva es transferir el movimiento al émbolo. La duración de la inyección está determinada tanto por la forma de la leva como por la eficiencia de la bomba y la velocidad de suministro del combustible.

2.2.7.1.2. Bombas de alimentación

El sistema tiene como propósito principal extraer el combustible desde el tanque y transportarlo bajo presión hacia la cámara de admisión de la bomba de inyección, realizando un proceso de filtrado durante el trayecto. Para garantizar un óptimo funcionamiento, es esencial mantener una presión de aproximadamente 1 bar en la entrega del combustible a la cámara de admisión, asegurando así un llenado eficiente. Esta presión requerida puede obtenerse mediante dos métodos distintos: el primero utiliza un sistema por gravedad, donde el depósito de combustible se posiciona en un nivel superior a la bomba de inyección; el segundo método emplea una bomba de alimentación, lo que permite mayor flexibilidad en la ubicación del depósito, pudiendo situarse tanto por debajo como a distancia de la bomba de inyección.

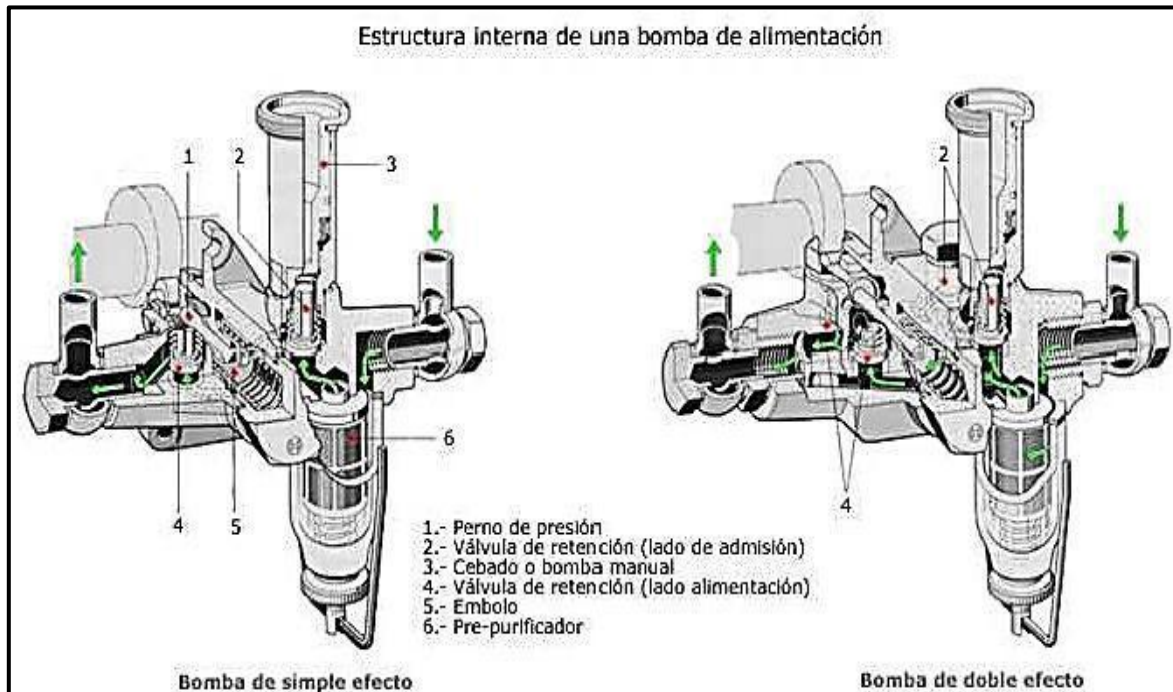
El mecanismo de la bomba de alimentación consiste en un sistema mecánico que utiliza un émbolo y normalmente se encuentra acoplado a la bomba de inyección, recibiendo su movimiento del árbol de levas de esta última. Este dispositivo puede incorporar un sistema de cebado manual, cuya función es facilitar el llenado y purgado del circuito de admisión del sistema de inyección, especialmente útil durante la puesta en marcha inicial o tras procedimientos de mantenimiento.

En cuanto a su configuración, estas bombas pueden diseñarse para operar con simple o doble efecto, y según las dimensiones y requerimientos de la bomba

principal, es posible instalar una o dos unidades de alimentación en el mismo conjunto.

Figura 8

Bomba de Alimentación.



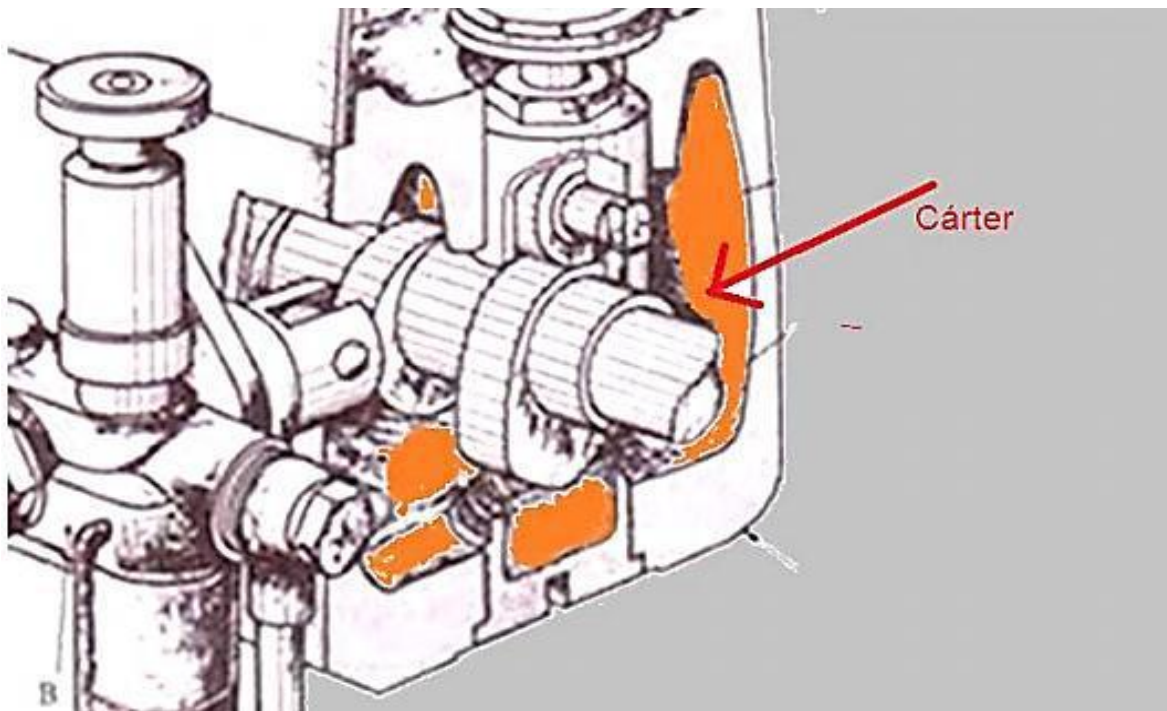
Nota: La ilustración muestra la estructura interna de una bomba de alimentación de simple efecto y una de doble efecto, incluyendo componentes clave como el perno de presión, válvulas de retención, émbolo y pre-purificador. Fuente: (Chávez y Paredes, 2014).

2.2.7.1.3. Carter interior de la bomba.

Es la cavidad inferior de la bomba donde se almacena el lubricante, el cual se utiliza para lubricar las piezas móviles que forman parte del sistema de bombeo.

Figura 9

Carter.



Nota: Muestra el cárter de la bomba de inyección, encargado de proteger los componentes internos y almacenar el lubricante necesario para su correcto funcionamiento. Fuente: (Chávez y Paredes, 2014).

2.2.7.1.4. Empujador o taqué.

Conocido también como impulsor de rodillo, su función es captar el movimiento de la leva ubicada en la parte inferior y transferirlo al émbolo a través del vástago de impulsión.

Figura 10

Impulsor de Rodillo.



Nota: Muestra el rodillo convencional de la bomba de inyección, pieza clave que facilita el movimiento de los componentes internos para asegurar una inyección precisa de combustible. Fuente: (Chávez y Paredes, 2014).

2.2.7.1.5. Muelle o resorte del émbolo.

Su función es asegurar que el seguidor de rodillo del empujador permanezca siempre en contacto con la leva, garantizando así que la transmisión del movimiento de la leva al émbolo sea precisa y uniforme en todos los regímenes.

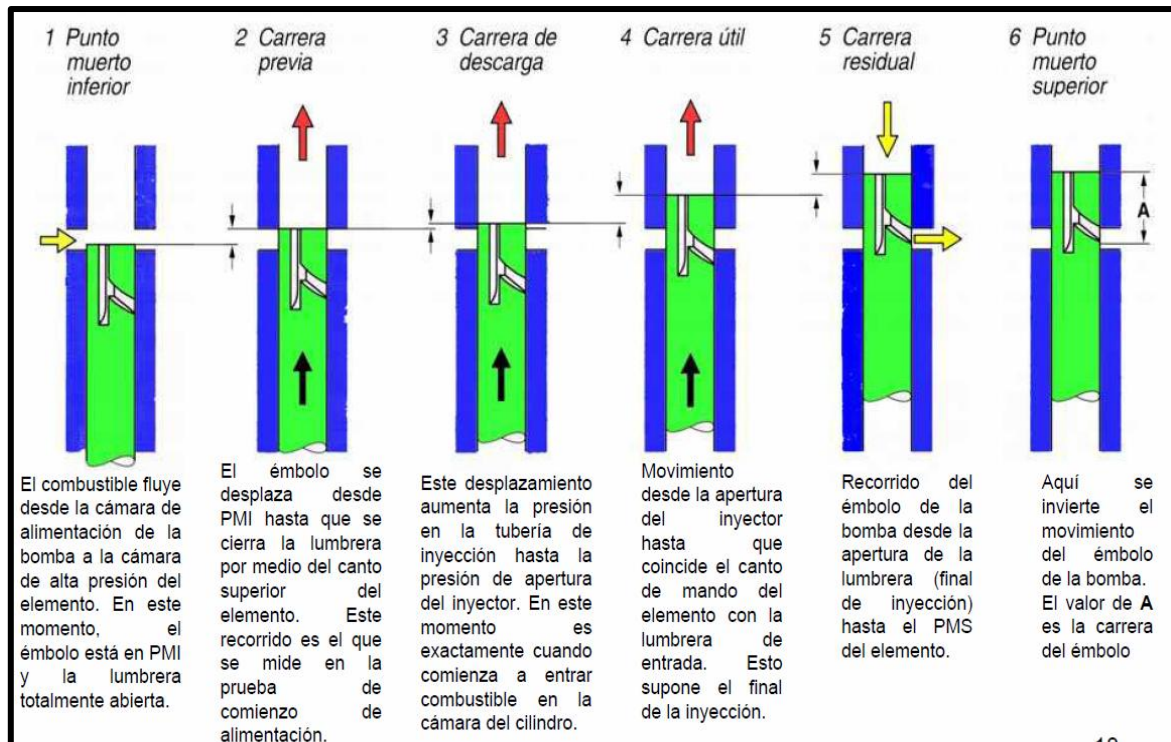
2.2.7.1.6. Émbolo

Componente responsable de suministrar al circuito de alta presión el flujo necesario y la potencia requerida para generar la presión y el volumen apropiado de combustible. El pistón de la bomba se ajusta en su cilindro con una exactitud tal que garantiza un sellado hermético, incluso bajo condiciones de presiones elevadas y bajas velocidades de operación. Esta particularidad facilita el incremento de las

presiones de inyección hasta niveles muy altos. Las pequeñas filtraciones que ocurren son en realidad beneficiosas, pues contribuyen a la lubricación del sistema (Chávez y Paredes, 2014, p.11).

Figura 11

Fases de Trabajo del Émbolo o Pistón



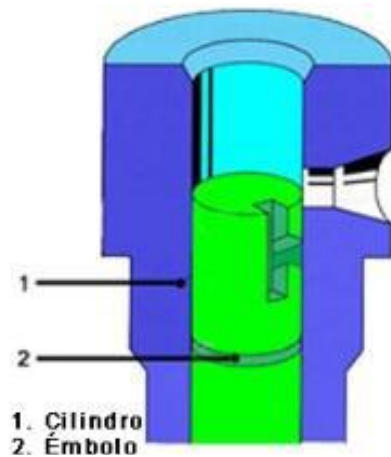
Nota: Esta imagen muestra el ciclo completo de funcionamiento de una bomba de inyección, detallando las etapas clave: punto muerto inferior, carrera previa, carrera de descarga, carrera útil, carrera residual y punto muerto superior. Cada fase describe el flujo y la presión del combustible en el sistema, garantizando una inyección precisa en el motor. Fuente: González, F. (n.d.). Curso bombas en línea ELI (1a parte).

2.2.7.1.7. Cilindro (cámara de presión)

Componente cilíndrico y vacío que alberga el pistón, dotado de pequeñas aberturas conocidas como lumbreras. A través de estas lumbreras, el carburante a baja presión, proveniente de la bomba de alimentación, entra en la parte superior del cilindro. Una vez en esta sección, el pistón aplica presión sobre el combustible, generando el flujo y la presión necesarios para el circuito de alta presión.

Figura 12

Cilindro o Cámara de presión.



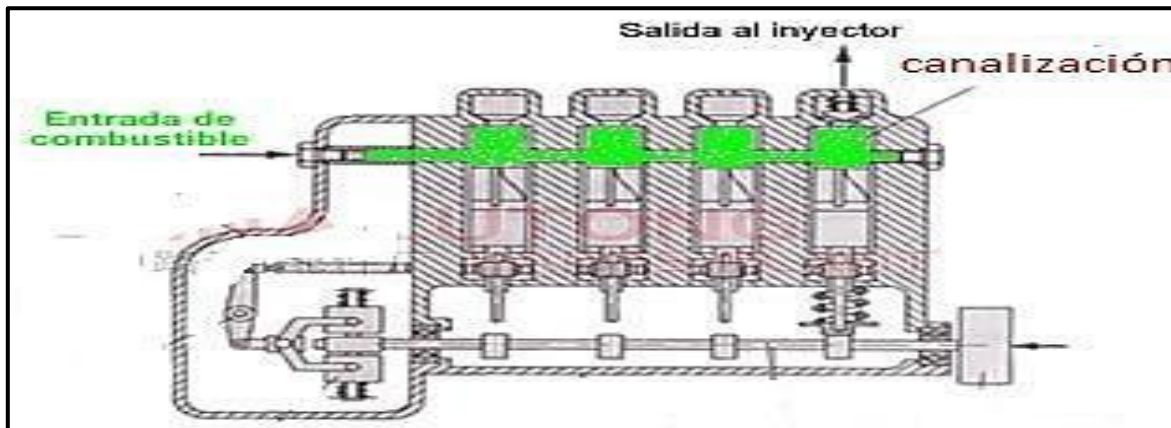
Nota: En la imagen, la sección en color azul representa el cilindro o camisa, mientras que la parte en color verde muestra el émbolo de inyección de combustible. Fuente: (Chávez y Paredes, 2014).

2.2.7.1.8. Canalización (llegada de combustible).

Espacio compartido que conecta las lumbreras de todos los cilindros, actuando como depósito temporal para el combustible que llega del circuito de baja presión. Posteriormente, este reservorio distribuye el carburante a cada unidad de bombeo a través de las mismas aberturas.

Figura 13

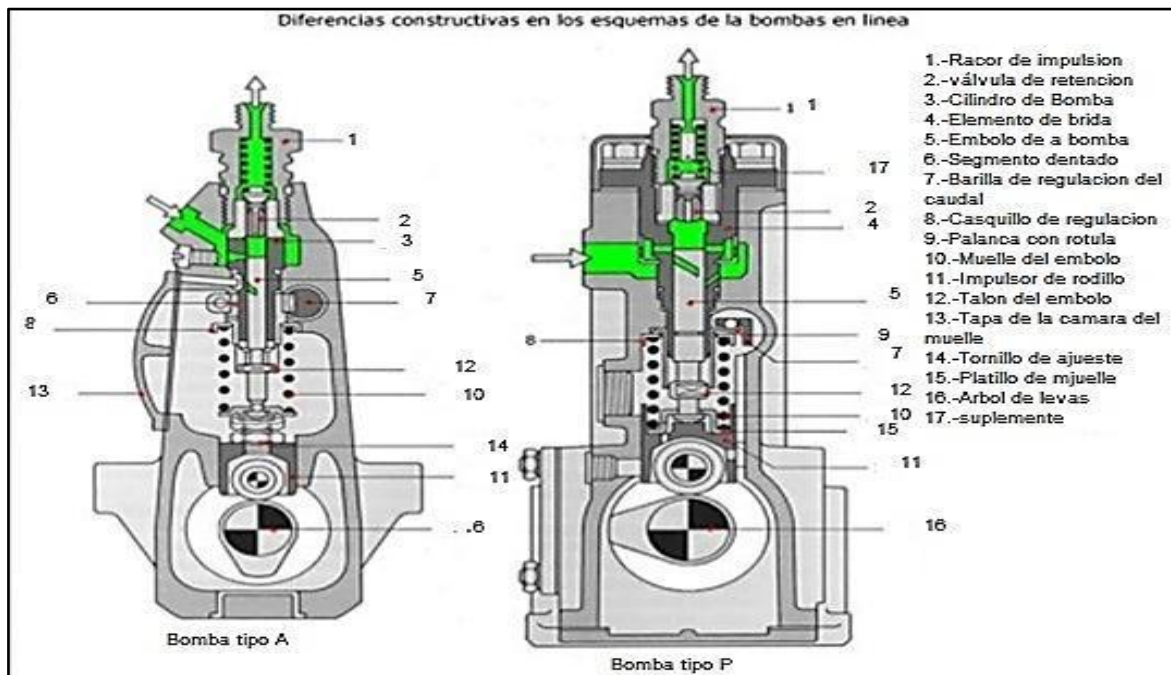
Vista en Corte Lateral de la Bomba de Inyección Lineal.



Nota: La imagen muestra la estructura interna de la bomba de inyección lineal vista lateral. Fuente: (Chávez y Paredes, 2014).

Figura 14

Vista en Corte Frontal de la Bomba de Inyección.



Nota: La imagen muestra las diferencias constructivas entre los tipos de bombas de inyección en línea, específicamente la Bomba tipo A y la Bomba tipo P, destacando



los componentes clave, como el cilindro, el émbolo y el árbol de levas, entre otros elementos necesarios para el funcionamiento de cada tipo de bomba. Fuente: (Chávez y Paredes, 2014).

2.2.7.1.9. Saliente

También conocida como manga de regulación, es una extensión del eje del cilindro que se proyecta perpendicularmente a este. Esta pieza se desplaza verticalmente por la ranura del casquillo cilíndrico, cuyo movimiento está regido por la cremallera. Gracias a esta protuberancia, es posible ajustar la orientación angular del pistón, permitiendo así modular el volumen de combustible que se suministra al inyector (Chávez y Paredes, 2014, p.13).

2.2.7.1.10. Manguito cilíndrico

Este componente está firmemente acoplado a la rueda dentada. En su sección inferior, presenta una ranura que permite el desplazamiento vertical de la manga de regulación. Esta configuración facilita el posicionamiento preciso de los pistones.

2.2.7.1.11. Corona dentada

Es un componente que transforma el movimiento rectilíneo de la barra de control (cremallera) en una orientación angular específica. Esta conversión permite posicionar el casquillo tubular y el eje del pistón en el ángulo necesario.

2.2.7.1.12. Cremallera.

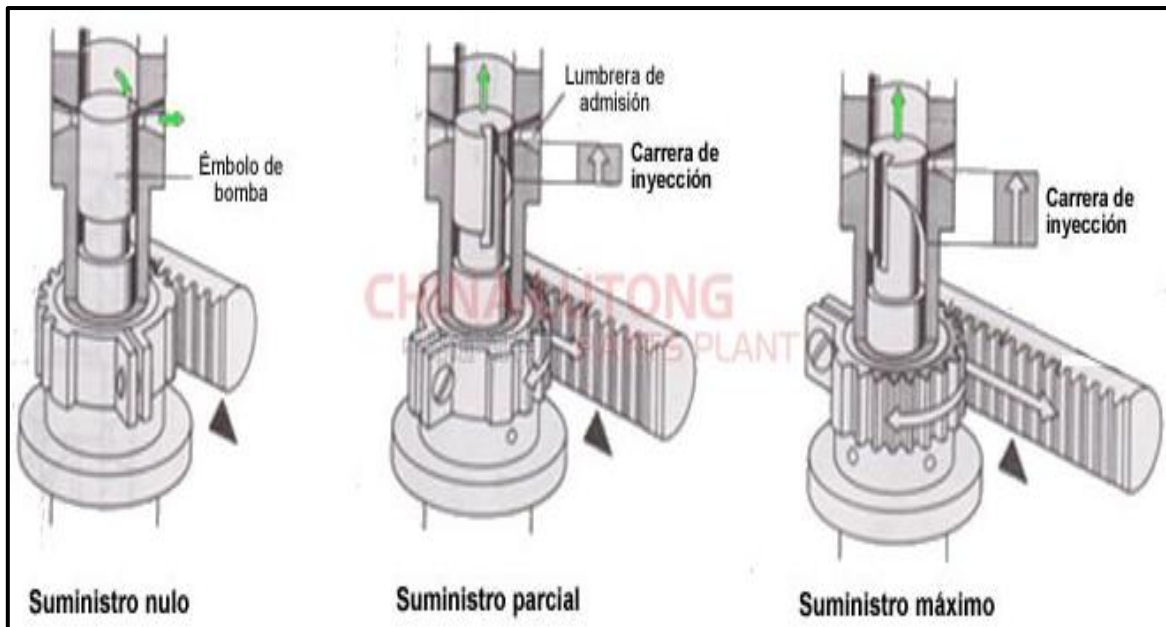
Rota las unidades de bombeo, que a su vez hacen girar los émbolos o pistones, aumentando así la distancia efectiva de su recorrido. Esto resulta en un incremento del volumen de combustible inyectado.

Al desplazar la cremallera en cualquier dirección, se logran trayectorias de inyección de diversas longitudes, las cuales se relacionan con:

- Inyección nula
- Inyección parcial
- Inyección máxima

Figura 15

Fases de Movimiento de la Cremallera.



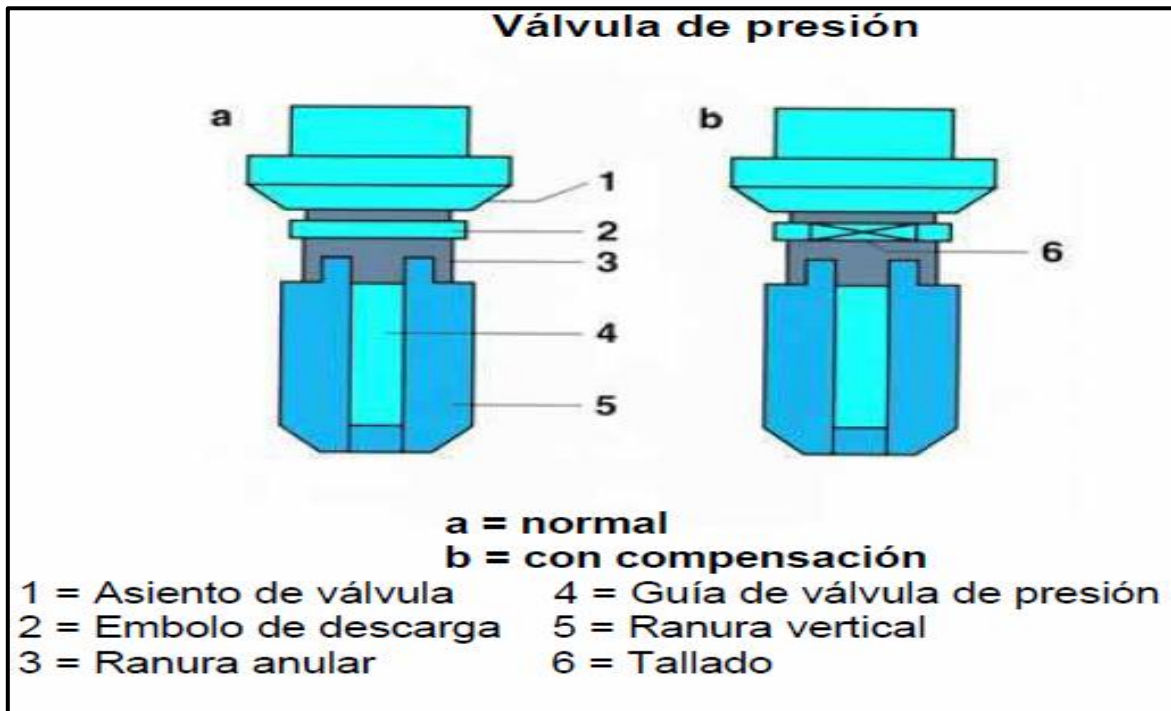
Nota: La imagen ilustra las posiciones de la cremallera en los estados de nulo, parcial y máximo, los cuales regulan la carrera de inyección en la bomba. Fuente: (China-Lutong, n.d.).

2.2.7.1.13. Válvula de retención o de presión.

Se encuentra ubicada en la parte superior de la unidad de bombeo. Su propósito es facilitar el flujo de combustible desde el componente de bombeo hacia los conductos de alta presión.

Figura 16

Válvula de Presión.



Nota: La imagen muestra dos configuraciones de una válvula de presión: a) en su forma normal y b) con compensación. Ambas incluyen componentes como el asiento de válvula, émbolo de descarga, ranura anular y guía de válvula de presión.

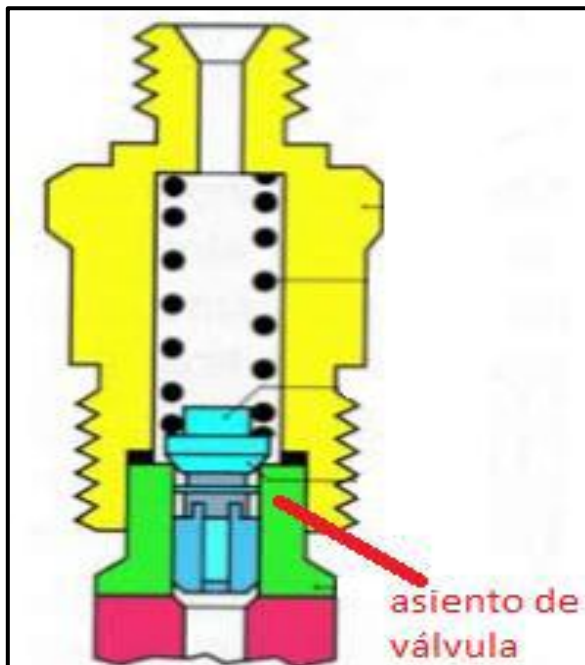
Fuente: González, F. (n.d.). Curso bombas en línea ELI (1a parte)

2.2.7.1.14. Asiento de válvula.

Este componente sirve como soporte para la válvula y asegura un sellado hermético del sistema, evitando de esta manera el reflujo del combustible.

Figura 17

Asientos de Válvula.



Nota: La imagen muestra un corte transversal donde se destaca el asiento de válvula en una válvula de presión. Este componente es clave en el control de flujo.

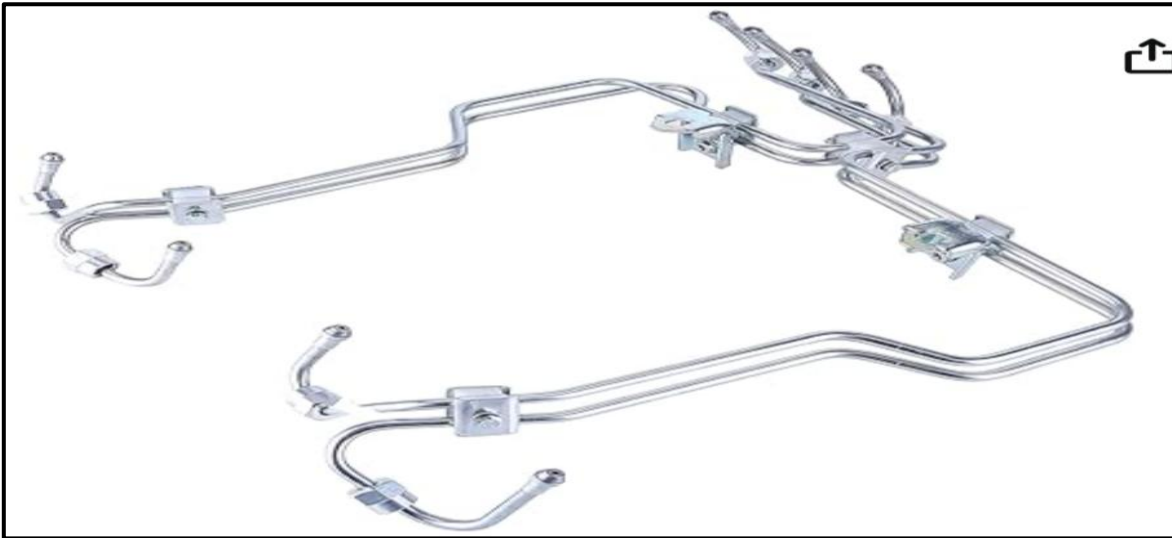
Fuente: (Chávez y Paredes, 2014).

2.2.7.1.15. Canalización hacia el inyector.

Compuesta por conductos metálicos capaces de resistir presiones que oscilan entre 216 bar (220 kgf/cm²) y 1200 bar (1223 kgf/cm²), extendiendo su recorrido desde la bomba de inyección lineal hasta el inyector.

Figura 18

Juego de Líneas de Inyector de Combustible Diesel



Nota: La imagen muestra un conjunto de tuberías de alta presión, utilizado en sistemas de inyección de combustible para transportar el combustible desde la bomba hasta los inyectores de cada cilindro. Fuente: <https://www.amazon.com.mx/Saitedudu-4988285-combustible-compatibles-suministro>

2.2.7.2. Modelos de bombas en línea

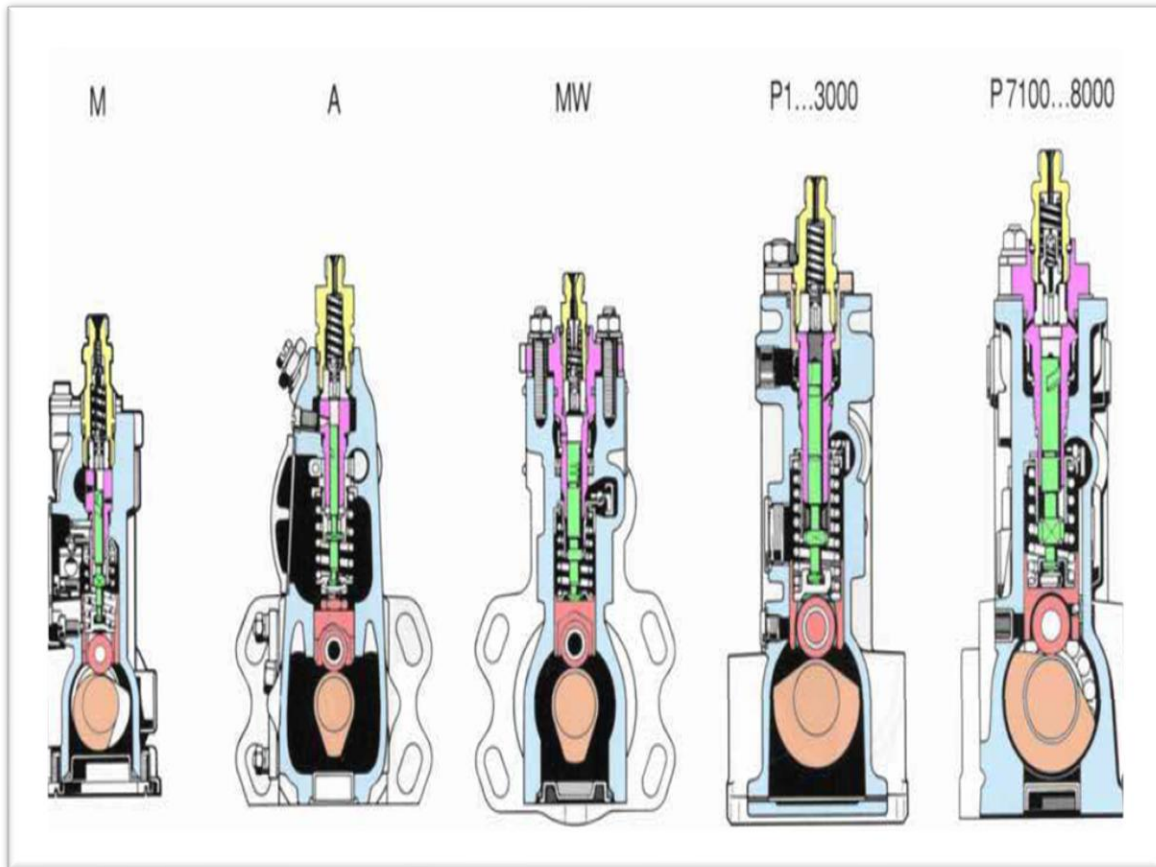
La diversidad de exigencias de los motores que incorporan sistemas de inyección, junto con las crecientes demandas de rendimiento y las normativas de emisiones, han impulsado una continua innovación de las bombas lineales para satisfacer estos requisitos de manera eficaz.

2.2.7.2.1. Tipos y características de bombas en línea.

Según el tamaño del motor y los valores de presión de inyección necesarios para su correcto funcionamiento.

Figura 19

Tipos de Bomba de Inyección Lineal



Nota: Diagrama de corte transversal que muestra la evolución y comparativa de diferentes modelos de inyectores diésel. Se observa la progresión en el diseño interno, destacando los cambios en el mecanismo de inyección. Los modelos presentados son: M, A, MW, P1-3000 y P7100-8000. Fuente: González, F. (n.d.).

Curso bombas en línea ELI (1a parte)



Tabla 2

Tipos de Bombas de Inyección en línea P

TIPO	M	A	MW	P 1.3000	P 7100.8000	R
<i>Presión de inyección en bar (lado de bomba)</i>	500	750	1100	950	1300	1400
<i>Aplicación</i>	Turismos y furgonetas		Camiones ligeros y medianos, tractores, motores industriales		Camiones pesados, motores industriales	
<i>Potencia en Kw/cilindro</i>	20	27	36	60	160	180

Nota: La tabla muestra los tipos de bombas de inyección y características especiales para las que fueron diseñados. Fuente: González, F. (n.d.). Curso bombas en línea ELI (1a parte)

2.2.7.3. Gobernadores

Su función es controlar los límites de velocidad, tanto máxima como mínima, que el motor puede alcanzar cuando disminuye su resistencia al giro o cuando opera sin carga. Este control se ejerce manipulando la cremallera, que a su vez ajusta la cantidad de combustible que se inyecta en los cilindros del motor. La posición de la cremallera se modifica mediante el pedal del acelerador.

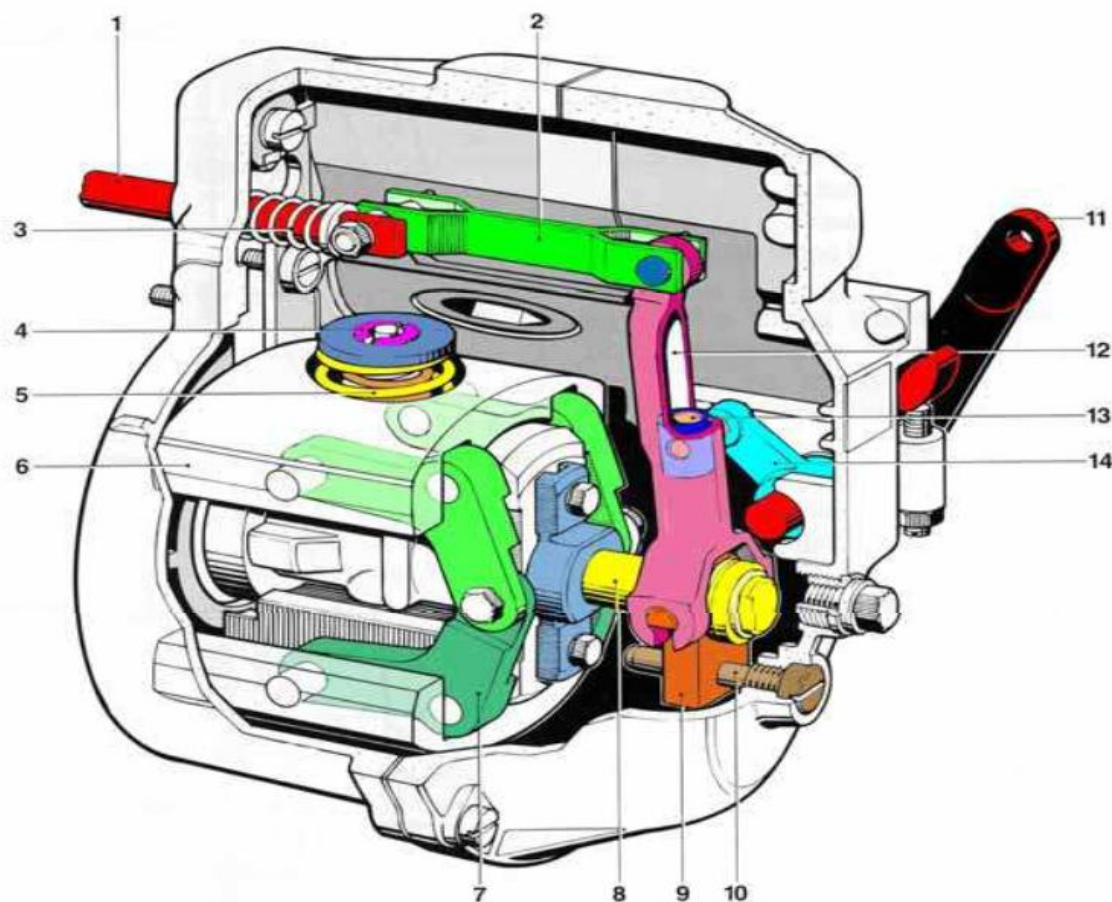
2.2.7.3.1. Gobernador mecánico.

También conocido como controlador de velocidades extremas, este mecanismo se encarga de modular los rangos de operación del motor, tanto en velocidades bajas como altas. El sistema detecta el giro del árbol de levas y está compuesto por un conjunto de contrapesos que describen una trayectoria circular.

A medida que la velocidad aumenta, la fuerza centrífuga se intensifica, provocando que estos contrapesos se alejen del eje de rotación. Este movimiento se transmite a la cremallera a través de un sistema de palancas, permitiendo así ajustar la carrera efectiva en relación directa con las revoluciones por minuto del motor.

Figura 20

Reguladores de Mínimo y Máximo RQ



Nota: *Diagrama de corte seccional de una bomba de inyección diésel, donde se muestran los componentes internos numerados del 1 al 14, incluyendo el mecanismo de regulación, el rotor, válvulas y elementos de control. Fuente: González, F. (n.d.). Curso bombas en línea ELI (1a parte).*



Donde:

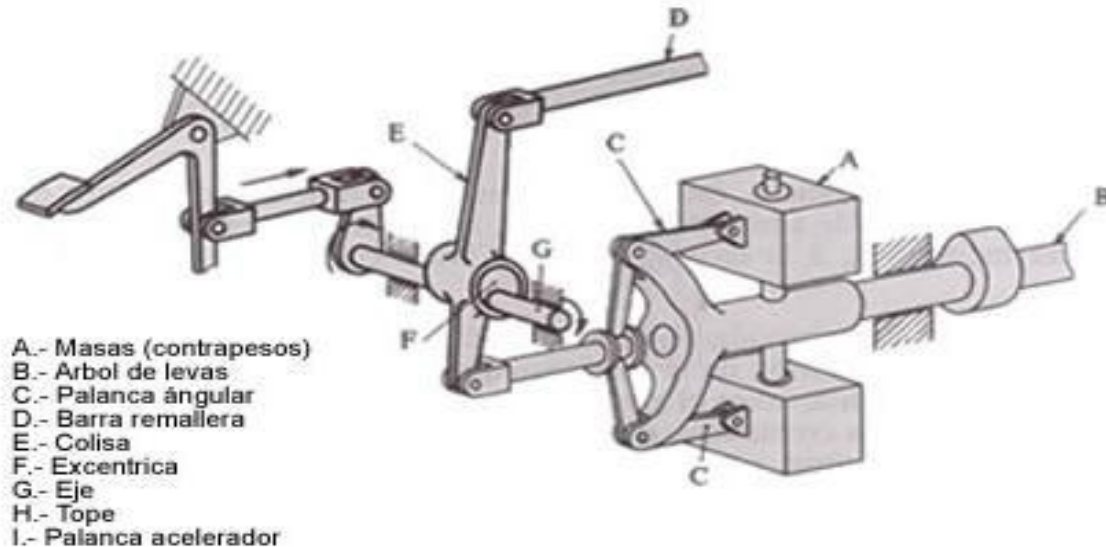
- | | |
|--------------------------------|--------------------------------------|
| (1) Varilla de regulación. | (8) Manguito. |
| (2) Horquilla de articulación. | (9) Deslizadera. |
| (3) Muelle de recuperación. | (10) Perno guía. |
| (4) Tuerca de ajuste. | (11) Palanca de mando. |
| (5) Muelle de regulación. | (12) Palanca de regulación (colisa). |
| (6) Masa centrífuga. | (13) Palanca intermedia (dado). |
| (7) Palanca acodada. | (14) leva. |

El mecanismo de control opera mediante un sistema de equilibrio entre el movimiento de la palanca angular y los ajustes establecidos en los tornillos de calibración de revoluciones máximas, proporcionando así una protección efectiva al motor de combustión interna contra posibles daños por sobre-revoluciones.

Por su parte, el control de revoluciones mínimas funciona bajo el mismo principio mecánico que el sistema de máximas, con la distinción fundamental de que emplea un muelle con un coeficiente de deformación inferior al utilizado en el sistema de máximas revoluciones. Esta diferencia en las características del muelle permite una regulación más precisa en el rango de bajas revoluciones.

Figura 21

Esquema del Regulador Fuera de la Carcasa



Nota: La imagen muestra esquema detallado del mecanismo regulador centrífugo de una bomba de inyección lineal diésel, que ilustra sus componentes principales.

Fuente: (Chávez y Paredes, 2014).

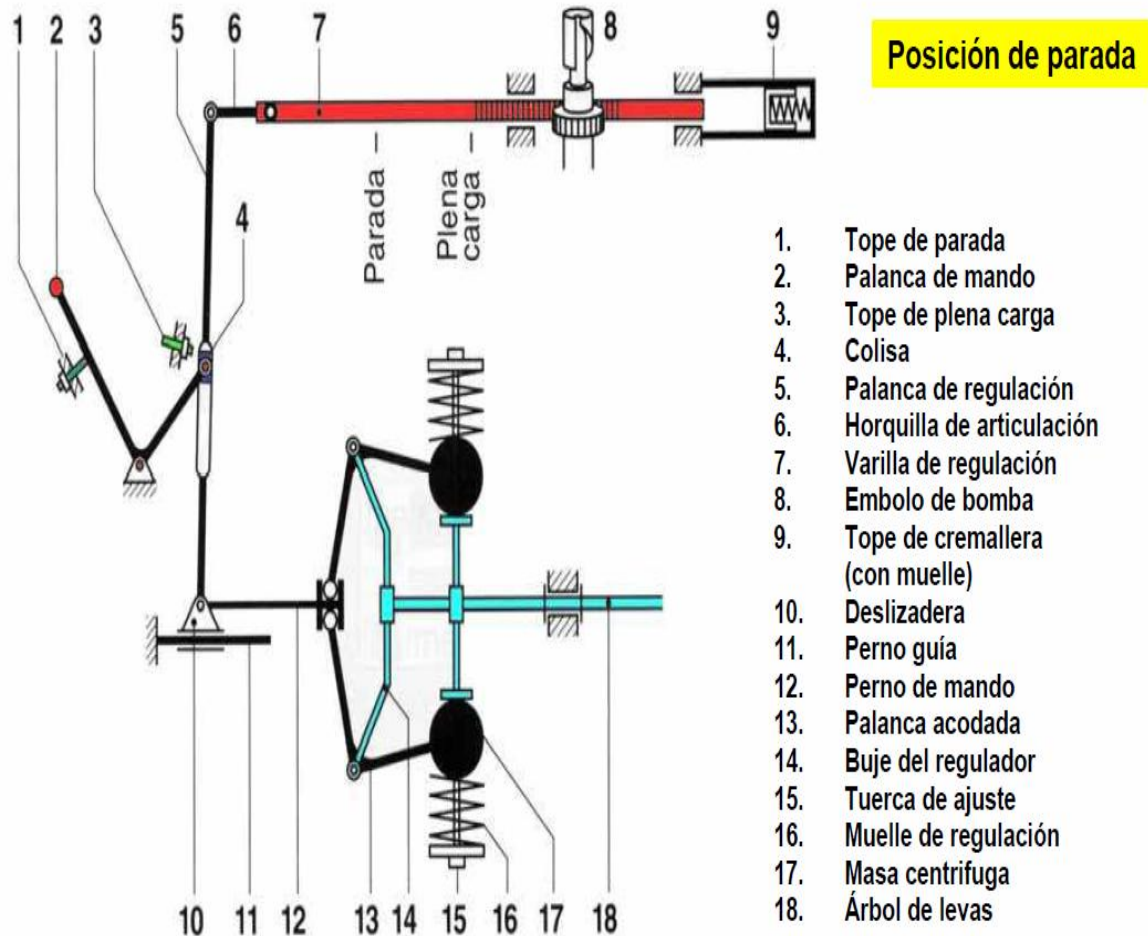
La cantidad de combustible a inyectar depende tanto de la acción del conductor al presionar el pedal del acelerador como de la intervención del regulador sobre la cremallera.

2.2.7.3.2. Ahorcador o gobernador de parada.

El término "ahorcador" en el contexto de motores de combustión interna Diesel se refiere a un dispositivo, gobernador o sistema que controla el ingreso de combustible hacia la bomba de inyección, suministrado al motor en función de las condiciones de funcionamiento específicas que se exige. El objetivo del ahorcador es de apertura o cierre del ingreso de combustible hacia la bomba de inyección (Erazo & Viteri, 2017).

Figura 22

Esquema de Posición de Parada del Ahorcador.

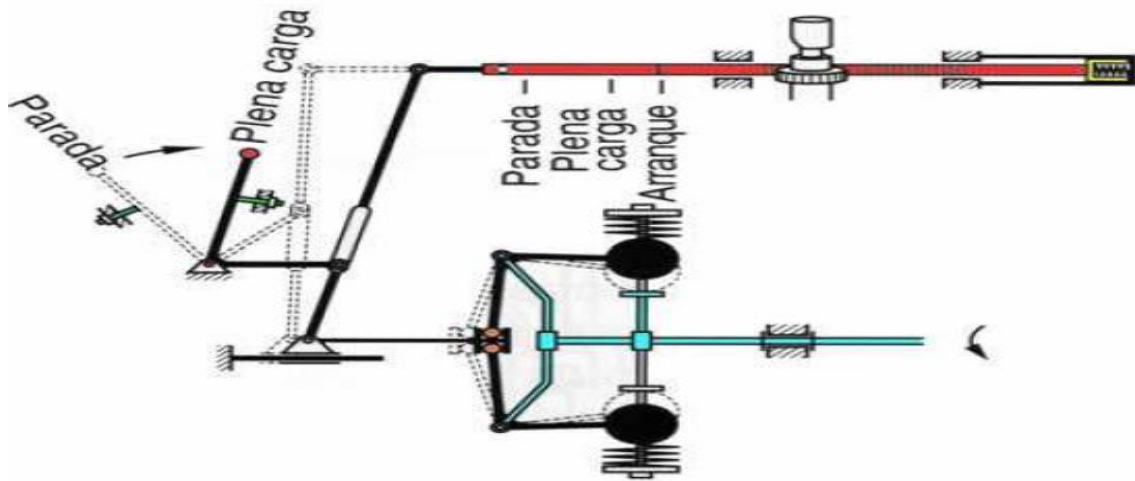


Nota: Diagrama esquemático del mecanismo regulador de una bomba de inyección Diesel en posición parada. Fuente: González, F. (n.d.). Curso bombas e.n línea ELI (1a parte).

Esto solo se logra al empujar la palanca de mando hasta el tope de caudal. Cuando la cremallera alcanza su límite de desplazamiento, los contrapesos se liberan.

Figura 23

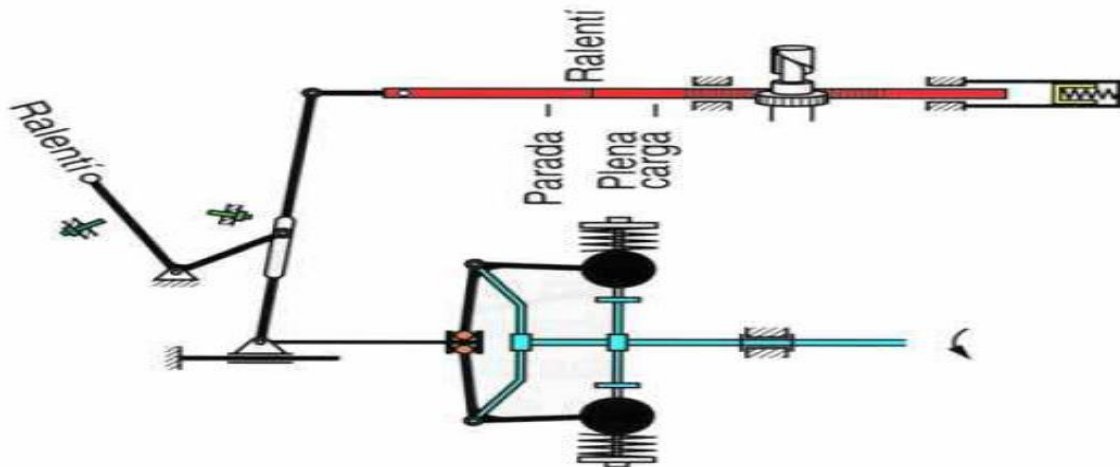
Esquema de Posición de Arranque del Ahorcador.



Nota: Diagrama esquemático del mecanismo regulador de una bomba de inyección Diesel en posición arranque. Fuente: González, F. (n.d.). Curso bombas en línea ELI (1a parte).

Figura 24

Esquema de Posición de Ralentí del Ahorcador.



Nota: Diagrama esquemático del mecanismo regulador de una bomba de inyección Diesel en posición ralentí.

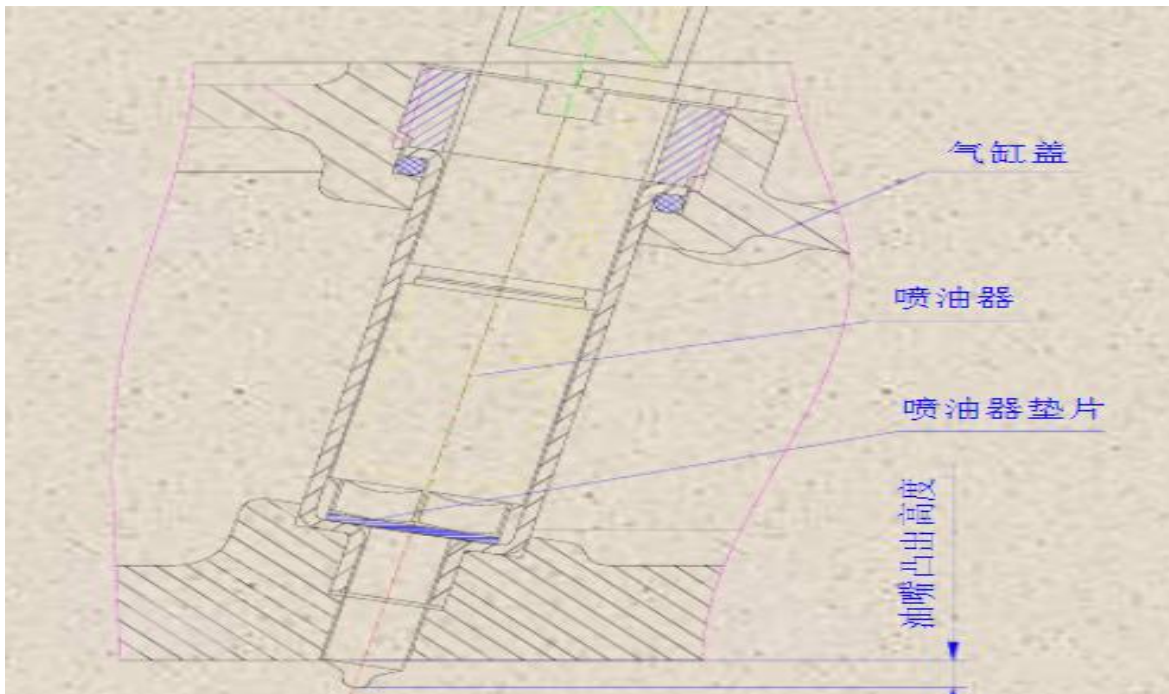


Diesel en posición ralenti. Fuente: González, F. (n.d.). Curso bombas en línea ELI (1a parte).

2.2.7.4. Inyector.

El inyector principal de combustible está diseñado con un depósito y componentes de doble punta. Su apertura es controlada por un regulador de presión, que se activa mediante una fuerza predeterminada. La presión previa a la compresión puede ajustarse cambiando el espesor de las almohadillas de asiento. El inyector sobresaliente en la culata está diseñado para cumplir con los estrictos requisitos de rendimiento del motor. La desinstalación del inyector y su equipo asociado puede ser complicada. Es esencial que el inyector y su correspondiente junta (ajustada con un nivel adecuado de almohadilla de cobre) se reinstalen en su posición original. No se deben mezclar inyectores o utilizar juntas de diferentes espesores, ya que esto podría alterar la altura del inyector sobresaliente y afectar negativamente el rendimiento del motor. Para los inyectores diésel de la serie 4F, la protuberancia es de $1,8 \pm 0,1$ mm en el P525 presurizado, y de $2,0 \pm 0,1$ mm en el P523 para motores de respiración natural. (Maquinaria YUCHAI Cia. Ltda., 2005, pág. 48)

Para asegurar la fiabilidad y el funcionamiento óptimo del motor diésel, es crucial que el combustible pase a través de un filtro. Si el motor opera durante más de 48 horas, el filtro debe ser reemplazado periódicamente según sea necesario. Además, el tanque de combustible debe limpiarse regularmente para evitar obstrucciones en los orificios de los inyectores, asegurando así una atomización adecuada y un funcionamiento normal del sistema. (Maquinaria YUCHAI Cia. Ltda., 2005, pág. 48)

Figura 25*Vista del Inyector en el Motor*

Nota: Tomado de *Manual del Manejo y Mantenimiento del Motor Diesel* (p. 49),

Fuente: *Maquinaria Yuchai*, 2005.

El rendimiento del inyector es crucial para la atomización y distribución del carburante en el espacio de combustión. La elección óptima del inyector está condicionada por tres factores clave: la configuración geométrica de la cámara de combustión, la ubicación estratégica del inyector y las características del sistema de inyección utilizado. Se ha establecido la necesidad de un inyector capaz de funcionar a presiones que superen los 20 MPa, con la capacidad de introducir pequeñas dosis de combustible en un ambiente de combustión activa, a un ritmo de 150 a 1500 inyecciones por minuto. (Maquinaria YUCHAI Cia. Ltda., 2005, pág. 49).

Figura 26

Inyector de Combustible para Yuchai YC4F



Nota: La imagen muestra el Inyector de un motor YC4F. Fuente: https://es.made-in-china.com/co_gzytsf2010/product_Original-Truck-Spare-Parts-Fuel-Injector-for-Yuchai-Yc4f-Yc4s-Yc4g_ysugniiiiyy.html

Para un desempeño ideal, el inyector debe satisfacer ciertos criterios: debe atomizar el combustible en partículas de dimensiones apropiadas; estas partículas deben poseer suficiente impulso para penetrar el aire comprimido y alcanzar todos los sectores de la cámara de combustión, evitando el contacto con las paredes del cilindro, lo que podría provocar acumulación de carbono y dilución del combustible. La sincronización del inicio y finalización de la inyección debe ser precisa, sin goteos ni filtraciones entre ciclos. Las características de atomización deben permanecer uniformes durante todo el proceso de inyección.

Además, la presión de activación del inyector debe ser ajustable y mantenerse constante por periodos prolongados, sin que el muelle pierda tensión, sin deformaciones en la superficie de asiento, y sin erosión en la boquilla o tobera.



2.2.8. Vehículos JINBEI

Jinbei es una marca de automóviles de origen chino, propiedad de Renault Brilliance Jinbei Automotive Co., Ltd., un consorcio entre Brilliance Auto (51%) y Renault (49%), fundado en diciembre de 2017 y ubicado en Shenyang, Liaoning, China.

Originalmente, la marca Jinbei fue utilizada y producida por Shenyang Jinbei Automotive, que estableció una empresa conjunta con General Motors (GM) y Shenyang Jinbei Entrena Fabricar con Brilliance Auto, que luego se conoció como Shenyang Brilliance Jinbei. En 1995, Shenyang Jinbei Automotive fue adquirida por el Grupo FAW, pero luego fue vendida de vuelta al gobierno local de Shenyang en 2000. La empresa conjunta con GM ya no está en funcionamiento.

En 2018, Brilliance Auto Group adquirió la empresa matriz de Brilliance Auto, que también posee la marca Jinbei. Aunque Shenyang Jinbei Automotive ya no produce automóviles, sigue fabricando componentes para vehículos. La marca Jinbei es principalmente producida por Shenyang Brilliance Jinbei Automotive en la actualidad.

Figura 27

Vehículo JINBEI Modelo HAISE.



Nota: Tomada de “vehículo JINBEI” [Fotografía], autos-chinos, 2015, Fuente: https://autos-chinos.com/noticia_191-ficha-tecnica-brilliance-jinbei.html

En diciembre de 2017, Brilliance Auto y Renault anunciaron que Renault adquiriría el 49% de la empresa matriz de la marca Shenyang Brilliance JINBEI Automotive, que luego fue rebautizada como Renault Brilliance Jinbei. La transacción se completó en enero de 2018.

Tabla 3

Descripciones Técnicas del Vehículo JINBEI

	MODELO	SY6483Q3
<i>Motor</i>	Nombre	YC4F90-21diesel
	Cilindros	4 EN LINEA
	Desplazamiento	2,7
	Max. Fuerza (KW/rpm)	66/3200
	Max. Torque (N/rpm)	245/2200
	Tubo de escape	Europe II
	Enfriamiento	Radiador Con Agua
	Alimentación	Inyección Directa, Turbo Intercooler



	Combustible	Diesel
Transmisión		5+1 cambios
Año		2009
Fabricante		Shenyang Brilliance Jinbei Automobile Co., Ltd. CHINA
Color de pintura		Blanco
Tipo vehículo		minibús
Numero de ejes		2ejes
Tipo tracción		4X2
Distancia entra ejes extremos		2590mm
Largo mm		5070mm
Ancho		1690mm
Alto		1935mm/2225mm
Peso vehículo		1860kg
Capacidad de carga		940kg
Capacidad máxima de tracción		2800kg
Capacidad de eje delantero		1340kg
Capacidad de eje posterior		1460kg
Velocidad Max		120km/h
Diámetro de disco embrague		30mm
Relación final		4.1:1
Llanta		195/70R15
Tanque de combustible		70L
Estándar		17asientos

Nota: La tabla nos muestra las principales características del vehículo Jinbei modelo

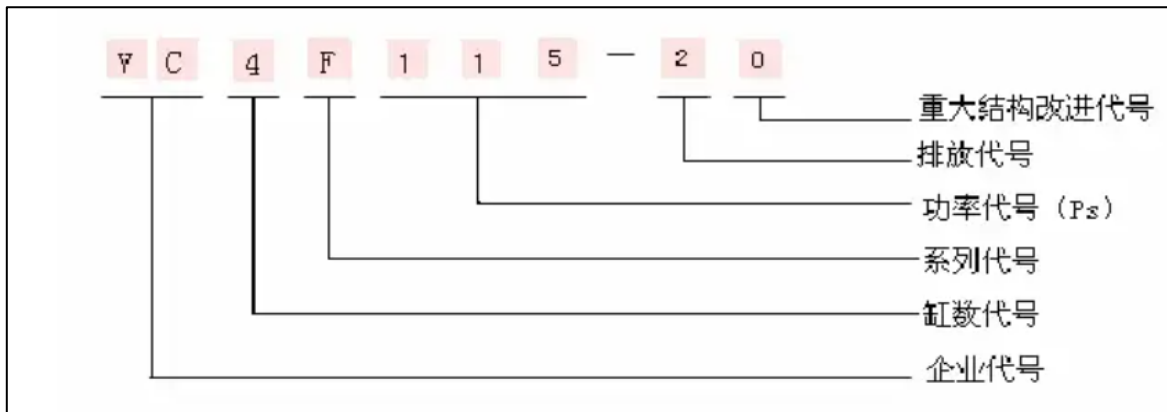
Haise. Fuente: https://autos-chinos.com/noticia_191-ficha-tecnica-brilliance-jinbei.html

2.2.8.1. Motor serie YC4F

La mayoría de los vehículos mencionados vienen de fábrica con este modelo en particular, ya que el motor está diseñado para cumplir con los requisitos necesarios para el transporte en zonas altiplánicas. A continuación, se muestra el significado de sus ciclas.

Figura 28

Descripción del Modelo del Motor.



Nota: Tomado de Manual del Manejo y Mantenimiento del Motor Diesel (p. 3),

Fuente: Maquinaria Yuchai, 2005.

La designación del modelo del producto se compone de números arábigos y letras en mayúsculas, y su formato exacto es el siguiente:

- 重大结构改进代号 (0): Código de mejoramiento de las estructuras importantes
- 排放代号 (2): Código de emisión
- 功率代号 (115): Código de la Potencia (Ps)
- 系列代号 (F): Código de serie
- 缸数代号 (4): Código de número del Cilindro
- 企业代号 (YC): Número de la empresa

2.2.8.1.1. Características y ventajas de la serie YC4F de motor Diesel

El motor diésel de la serie Yuchai YC4F es un modelo completamente moderno. Su diseño fue encargado por la fábrica a expertos alemanes en motores de automóviles de renombre mundial, y se desarrolló en colaboración con la



empresa japonesa Yamaha Marine para garantizar su fiabilidad. Este motor incorpora teorías y métodos de diseño de vanguardia, combinados con tecnología avanzada como el turbo intercooler y técnicas de exploración de maquinaria, todo ello basado en una amplia experiencia práctica en desarrollo y diseño (Maquinaria YUCHAI Cia. Ltda., 2005, pág. 5).

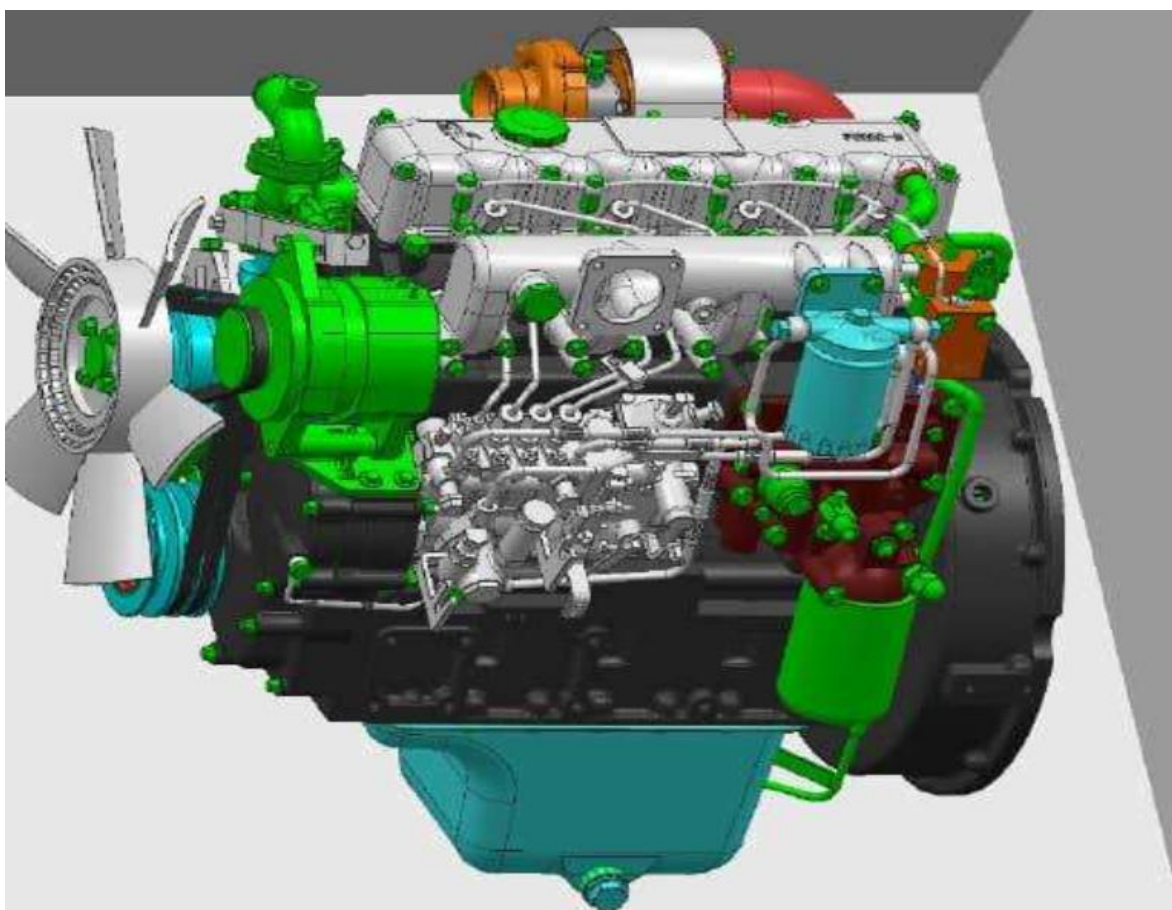
- Amplia gama de potencia: ofrece un rango de potencia que abarca desde 40 kW (55 caballos de fuerza) hasta 90 kW (122 caballos de fuerza).
- Potencia sobresaliente: Gran capacidad para subir pendientes y una aceleración eficaz.
- Eficiencia económica: Consumo reducido de diésel y aceite.
- Confort: Vibración mínima y bajo nivel de ruido.
- Emisiones cumplen con la normativa Euro II.
- Amplia versatilidad: adecuado para automóviles, maquinaria de construcción y aplicaciones marinas. El motor diésel de la serie YC4F ha sido diseñado y desarrollado meticulosamente para satisfacer las necesidades de diversos usuarios, desde el transporte en áreas urbanas y rurales, vehículos agrícolas, camiones ligeros de nivel medio-alto, automóviles de lujo, hasta maquinaria de construcción y motores marinos. Este motor se adapta perfectamente a todas estas aplicaciones.
- Fiabilidad: El desarrollo de la confiabilidad fue llevado a cabo en conjunto por el Centro de Tecnología Yuchai, con tecnología de nivel estatal, y la reconocida empresa Yamaha Motor Company Ltd. (anteriormente Yamaha Motor Co., Ltd. Japón). Esta poderosa alianza garantiza una doble seguridad. Se fabricaron cerca

de 20 prototipos, y se realizaron tres rondas de pruebas exhaustivas que aseguran un funcionamiento seguro y confiable de los motores en la producción en masa.

- Estructura compacta y peso reducido: El motor diésel YC4F destaca por su alta potencia y par motor en comparación con otros motores diésel de capacidad similar. Esto convierte a este modelo en una opción superior.

Figura 29

Vista del Motor YC4F



Nota. La imagen muestra el motor de la serie YC4F. Fuente: Tomado de Manual del Manejo y Mantenimiento del Motor Diesel, (Maquinaria Yuchai, 2005).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Según la tipología de la investigación se adecua al experimental, fundamentado por (Hernández - Sampieri et al., 2014), de igual manera también es corroborado por (Baena Paz, 2014), es que las investigaciones experimentales tienen la bondad de buscar relaciones de causa y efecto entre las variables mediante la manipulación controlada de las condiciones experimentales.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigaciones es aplicado, debido a que se implementara el control del ahorcador de combustible en bombas de inyección de vehículos Jinbei modelo Haise.

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de investigación más adecuado para este estudio es el experimental, ya que implica llevar a cabo experimentos para analizar los defectos en el sistema mecatrónico de control del ahorcador de combustible en bombas de inyección de vehículos Jinbei modelo Haise, específicamente a una altitud de 3859 msnm en la ciudad de Azángaro. Este método implica aplicar tratamientos



experimentales según los parámetros establecidos en el campo de la tecnología de las mediciones.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población

El estudio abarca a una población total de 1,415,608 habitantes pertenecientes al departamento de Puno. De esta población, se ha identificado y segmentado a aquellos que poseen vehículos de la marca Jinbei, que funcionan operativamente, ubicados a una altitud de 3859 msnm Azángaro.

3.4.2. Muestra

La muestra de investigación ha sido seleccionada para incluir únicamente un vehículo de la marca Jinbei modelo Haise, ubicado a una altitud de 3859 metros sobre el nivel del mar en la meseta del Collao.

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.5.1. Técnica.

En este proyecto de ingeniería, se emplearán técnicas que involucran la evaluación y detección anticipada de los problemas presentes durante el funcionamiento del dispositivo de control del ahorcador de combustible en las bombas de inyección de los vehículos Jinbei modelo Haise. Estas actividades se llevarán a cabo específicamente en la ciudad de Azángaro, dentro de la región de Puno, durante el año 2024.

3.5.2. Instrumento

Se utilizarán instrumentos de alta precisión para identificar los posibles contratiempos en la aplicación mecatrónica del sistema de control del ahorcador de



combustible en las bombas de inyección de los vehículos Jinbei modelo Haise, en la región de Puno, durante el año 2024.

3.5.3. Técnicas e Instrumentos de Recogida de Información

Tabla 4

Técnicas e Instrumentos.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	VALIDACIÓN
<i>Observación directa</i>	- Scanner automotriz FCAR E81	Validación por asesor especialista
<i>Medición de parámetros</i>	- Multímetro digital - Manómetro de combustible - Osciloscopio automotriz	Calibración según manuales técnicos del fabricante
<i>Pruebas de funcionamiento</i>	- Sensor de ángulo (para ahorcador de combustible)	Validación por asesor especialista
<i>Análisis de datos</i>	- Registrador de datos OBD2 (tiempos de respuesta)	Revisión por ingeniero mecánico

Nota: Elaboración propia.

3.5.4. Análisis de datos

Para el análisis de datos, se pueden emplear técnicas de observación para contrastar los resultados obtenidos previamente con los obtenidos posteriormente de la implementación del sistema, así como para identificar cualquier correlación entre variables y posibles elementos que contribuyen al logro o dificultades en la ejecución.



CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PRESENTACIÓN

La presente investigación se sitúa en el ámbito de la autotrónica y la industria Automotriz. Se centra en la coordinación de diversos subsistemas autónomos dentro de la configuración mecánica del vehículo. Su objetivo es la de implementar un sistema mecatrónico que nos permita un control o ajuste más preciso sobre el ahorcador de combustible, asegurando precisión y constancia en el proceso.

Resulta fundamental monitorear y analizar el funcionamiento de los distintos sensores y dispositivos para garantizar el rendimiento ideal del sistema de inyección. Esta estrategia permite una supervisión eficiente y un mantenimiento preventivo, evitando así posibles fallos operativos tanto inmediatos como futuros.

4.1.1. Análisis de la situación actual

Iniciaremos con una concisa descripción de un mecanismo electromecánico original del fabricante. Este sistema presenta diversas deficiencias y limitaciones, agravadas por su emplazamiento en una zona de difícil acceso y su continua exposición a múltiples elementos perjudiciales.

El sistema en cuestión opera bajo un principio electromecánico. Este sistema incluye dos solenoides de potencia junto con dos reguladores respectivamente, los cuales están conectados a un control de encendido y apagado mediante la chapa de contactos. Cuando se activa el control, se envía una señal de 12V a los reguladores. Esta señal energiza las bobinas de los solenoides, lo que provoca que el bombín interno de cada solenoide se magnetice y comience su desplazamiento. A través de una serie de palancas y otros componentes mecánicos, este movimiento acciona la palanca del ahorcador o gobernador de combustible en la bomba de inyección el cual nos permitía encender o apagar el vehículo.

Figura 30

Ahorcador o Gobernador de Combustible



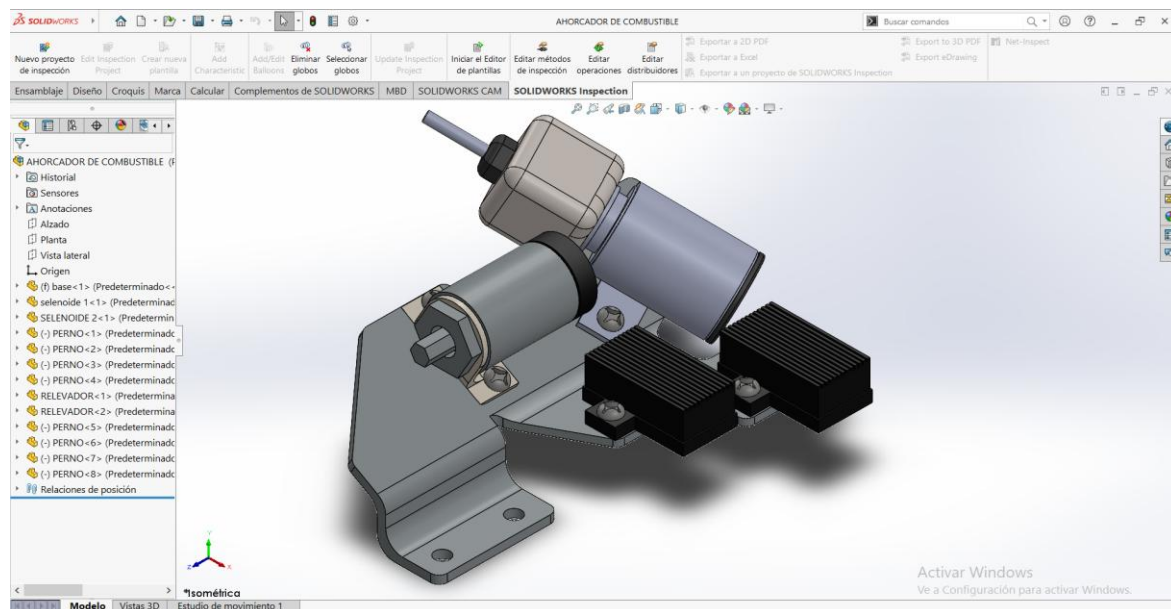
Nota: la imagen muestra el sistema del ahorcador o ahogador de combustible de la bomba de inyección en estado defectuoso. Fuente: Elaboración propia.

Este mecanismo facilita el flujo de combustible hacia la bomba de inyección, controlando así el encendido normal del vehículo. El proceso para apagar el vehículo es el inverso: al desactivar el control en la chapa de contactos, la bobina del solenoide se desenergiza. Como resultado, el bombín del solenoide se retrae hasta su posición inicial, deteniendo el suministro de combustible y apagando el motor.

A continuación, se muestra de una manera mucho más visible de este sistema diseñado en software cat SolidWorks.

Figura 31

Gobernador o Ahorcador de Combustible.



Nota: Ahorcador de combustible también llamado ahogador de combustible.

Fuente: Elaboración propia

Se describe con precisión la ubicación del sistema analizado, el cual se localiza en la sección inferior izquierda del motor, específicamente detrás de la bomba de inyección, como se observa en las figuras 32 y 33.

Figura 32

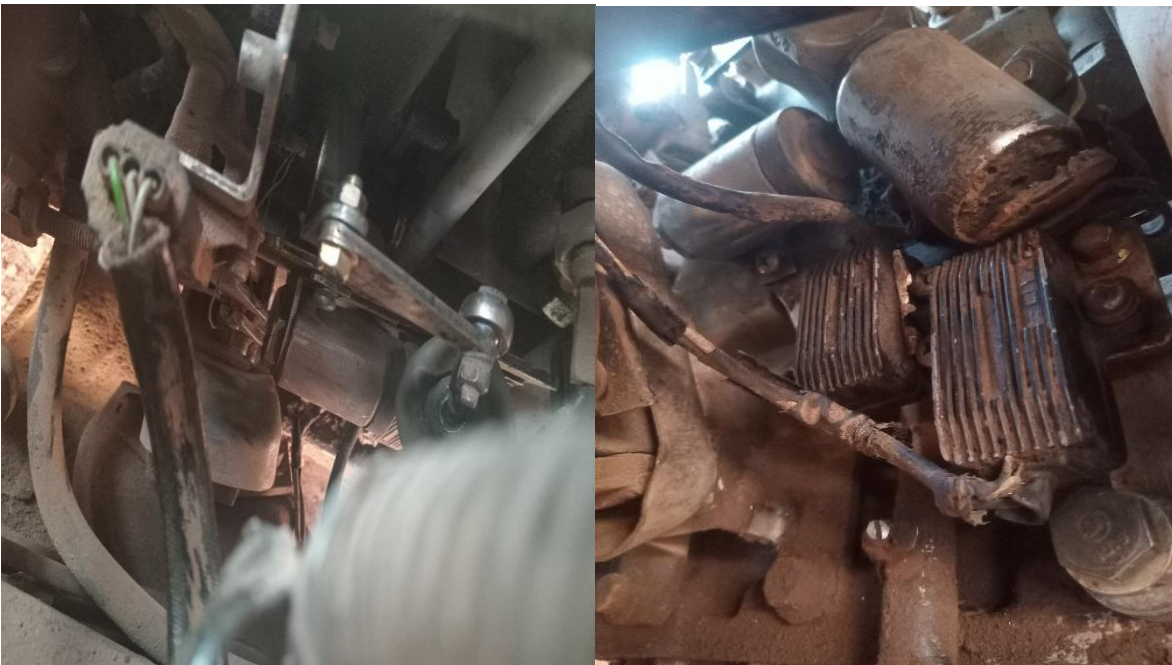
Ubicación del Ahorcador de Combustible en motor YC4F.



Nota: La imagen muestra, en el círculo rojo, el lugar donde se encuentra el ahorcador de combustible. Fuente: elaboración propia

Figura 33

Ubicación del Ahorcador de Combustible Vista desde Arriba y Abajo.



Nota: Se visualiza la ubicación del ahorcador. Fuente: elaboración propia



Como se aprecia en la figura 33, la ubicación exacta de este sistema de ahorcador de combustible está en un área de difícil acceso, lo que lo expone a salpicaduras y polvo. Además, desmontar el sistema es complicado y ocupa espacio, lo que dificulta la realización de trabajos en la zona mencionada.

En consecuencia, la estrategia óptima para sustituir este mecanismo consiste en desarrollar un sistema mecatrónico basado en un microcontrolador Arduino. Resulta esencial especificar con exactitud las entradas y salidas involucradas en el proceso, además de identificar las librerías de software necesarias para la identificación y manejo de las variables relevantes para esta implementación.

DISEÑAR EL SISTEMA MECÁNICO Y SELECCIONAR LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS

4.1.2. Diseño del sistema de control mecánico

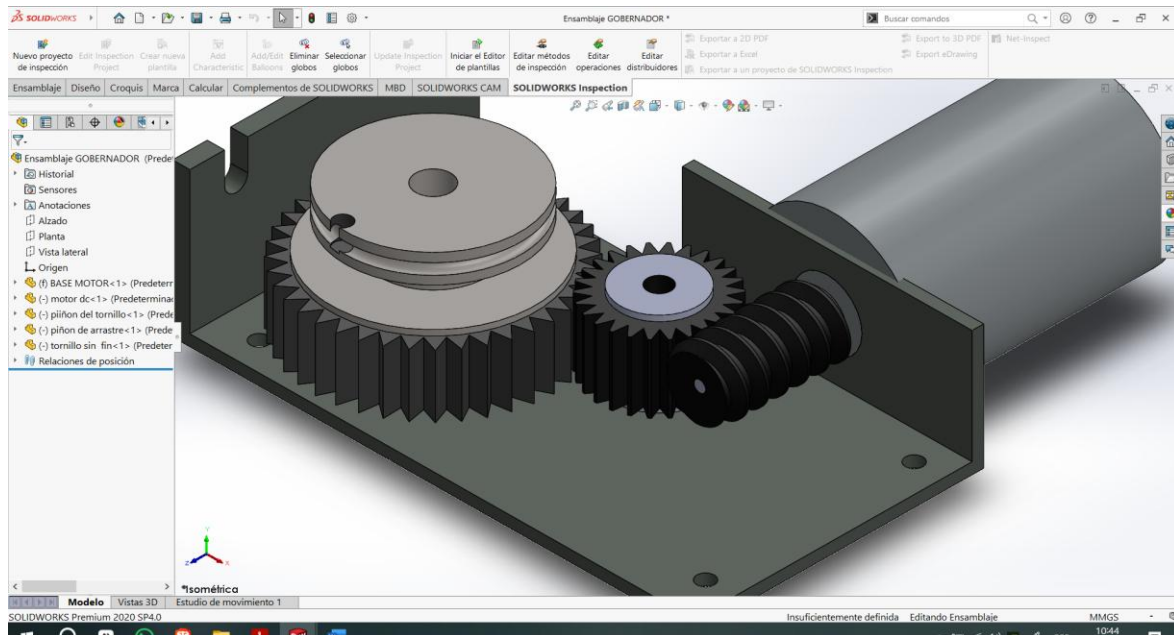
Este diseño parece estar optimizado para un equilibrio entre velocidad y torque, lo que podría ser ideal para aplicaciones que requieren movimientos relativamente rápidos, pero con una buena capacidad de carga.

Componentes del sistema:

- Motor DC
- Tornillo sin fin: 3 entradas, 2 vueltas por entrada
- Engranaje intermedio: 26 dientes
- Engranaje final: 40 dientes
- Fuerza deseada en el cable: 200 N (aumentamos para tener más capacidad)

Figura 34

Diseño del Sistema mecánico en SolidWorks.



Nota: La imagen representa el sistema mecánico de manera referencial.

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.2.1. Cálculos de Diseño del Sistema Mecánico

1. Relaciones de transmisión:

a) Primera etapa (tornillo sin fin y engranaje intermedio):

$$I_1 = \frac{Z_1}{E * V}$$

Donde:

E = número de entradas

V = vueltas por entrada

$$I_1 = \frac{26}{3 * 2} = 4.33$$

b) Segunda etapa (engranaje intermedio y final):



$$I_2 = \frac{Z_{final}}{Z_{Intermedio}}$$

$$I_2 = \frac{40}{26} = 1.538$$

c) Relación de transmisión total:

$$I_{total} = I_1 * I_2$$

$$I_{total} = 4.33 * 1.538 = 6.66$$

2. Análisis de velocidad: Asumiendo una velocidad del motor de 3000 RPM

(ω_{motor}):

a. Velocidad del engranaje intermedio:

$$\omega_{intermedio} = \frac{\omega_{motor}}{I_1}$$

$$\omega_{intermedio} = \frac{3000}{4.33} = 693 \text{ RPM}$$

b. Velocidad del engranaje final:

$$\omega_{Final} = \frac{\omega_{intermedio}}{I_2}$$

$$\omega_{Final} = \frac{693}{1.538} = 450 \text{ RPM}$$

3. Análisis de torque: Asumiendo un motor de 200W para aumentar la potencia disponible:

a. Torque del motor:

$$T_{motor} = P/\omega$$

$$T_{motor} = \frac{200}{3000 * 2\pi/60} = 0.637$$

b. Torque en el engranaje final (ignorando pérdidas):

$$T_{Final} = T_{motor} * I_{total}$$



$$T_{Final} = 0.637 * 6.66 = 4.24 Nm$$

c. Torque real considerando eficiencia (asumiendo $\eta = 0.85$):

$$T_{Real} = T_{Final} * \eta$$

$$T_{Real} = 4.24 * 0.85 = 3.60 Nm$$

4. Análisis de estrés en el engranaje final: Asumiendo un módulo de 1.5 mm para el engranaje final:

a) Diámetro de paso:

$$d = m * Z$$

$$d = 1.5 * 40 = 60 mm$$

b) Fuerza tangencial:

$$F_{Tan} = 2 * \frac{T_{Real}}{d}$$

$$F_{Tan} = 2 * \frac{3.60}{0.06} = 120 N$$

c) Estrés de flexión (Fórmula de Lewis):

$$\sigma = \frac{F_{Tan}}{b * m * Y}$$

Donde:

b = ancho del diente (asumamos 12 mm),

Y = factor de forma (asumamos 0.3)

$$\sigma = \frac{120}{12 * 1.5 * 0.3} = 22.22 MPa$$

5. Análisis de fuerza en el cable: Asumiendo un radio engranaje final de 25 mm:

$$F = \frac{T_{Real}}{r}$$

$$F = \frac{3.60}{0.025} = 144N$$



6. Tiempo para media vuelta del engranaje final:

$$t = \frac{0.5 \text{ rev}}{450 \text{ RPM}} * 60 \frac{s}{min} = 0.0667 \text{ s}$$

7. Energía y potencia para media vuelta:

Energía:

$$E = T_{Real} * \theta$$

$$E = 3.60 \text{ Nm} * \pi \text{ rad} = 11.30 \text{ J}$$

Potencia:

$$P = \frac{E}{t}$$

$$P = \frac{11.30}{0.0667} = 169.41 \text{ W}$$

Este tipo de mecanismo se utiliza comúnmente para reducir la velocidad y aumentar el torque, lo cual es útil en aplicaciones que requieren movimientos precisos o un alto par de fuerza a bajas velocidades.

4.1.3. Selección Componentes Electrónicos

Selección de componentes, sensores y dispositivos necesarios para el sistema mecatrónico de control del ahorcador de combustible de la bomba de inyección

4.1.3.1. Componentes y Dispositivos

Diseño del sistema eléctrico para la placa de Arduino componente electrónico. Además de Circuito de control Para este requerimiento se utilizarán:

- Arduino uno
- Actuador (Servomotor, motor dc, motor paso a paso)
- Driver Puente H L298N

- Resistencias y cables
- Reguladores de voltaje
- Cable y funda
- Engranajes y bases metálicas

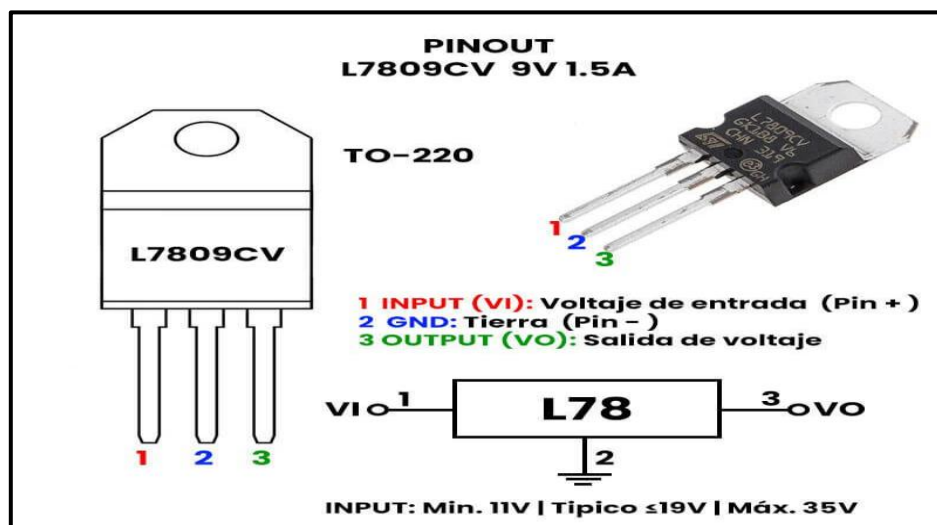
4.1.3.2. Reguladores de voltaje

Los reguladores lineales de tensión, o reguladores de voltaje, son circuitos integrados que mantienen una salida de voltaje constante y estable. Se encuentran comúnmente en diversas fuentes de alimentación debido a su capacidad para ofrecer estabilidad y protección con muy pocos componentes externos, lo que los hace altamente rentables.

Para la implementación e incorporación del sistema se utilizarán reguladores para adecuar una fuente de alimentación del sistema así como L7809 y L7805.

Figura 35

Regulador L7809 9V 1.5A



Nota: Esquema del regulador de Voltaje. Fuente: (UElectronics, n.d.)



4.1.3.2.1. Regulador L7809

El regulador de voltaje incorpora limitación de corriente interna, apagado térmico y protección de área de operación segura. Con una disipación de calor adecuada, puede suministrar más de 1 A de corriente de salida. Aunque su función principal es regular un voltaje fijo, puede ajustarse para ofrecer diferentes voltajes y corrientes al combinarse con componentes externos.

Tabla 5

Características Técnicas del Regulador L7809

Nombre	Detalle
Regulador de voltaje	L7809CV
Voltaje de entrada principal	10 V
Tensión de entrada máxima	35 V
Tensión de salida	Min 8.64V Typ 9V Máx. 9.36V
Deserción de voltaje VDO	2 V
Salida de corriente	1A
Temperatura de funcionamiento	-40 ° C a +125 ° C
Rango de corriente	1 A
Encapsulado	TO-220
N° de pines	3 pines

Nota: La tabla muestra las características principales del regulador de voltaje.

Fuente: UElectronics, n.d.

4.1.3.2.2. Regulador L7805

El circuito integrado 7805 pertenece a una familia de reguladores de voltaje positivo que abarca desde el 7805 hasta el 7830, y es comúnmente utilizado en fuentes de alimentación. Estos dispositivos cuentan con tres terminales: entrada de

voltaje, masa y salida de voltaje. Aunque comparten especificaciones similares, se diferencian en la tensión de salida y en la corriente suministrada, siendo esta última dependiente del código que sigue a los dos primeros dígitos.

Tabla 6

Características Técnicas del Regulador L7805.

<i>Nombre</i>	<i>Detalle</i>
Matricula	L7805CV
Encapsulado	TO-220
Tensión de entrada primaria	10V
Voltaje de entrada máximo	35V
Voltaje de salida:	Min 4.8V Typ 5V Máx. 5.2V
Voltaje de deserción	2V
Corriente de salida	1.5A
Rango de temperatura de funcionamiento	0 ° C a + 150 ° C
Número de pines	3 pines
Tolerancia de tensión de funcionamiento	+4%

Nota: La tabla muestra las características principales del regulador de voltaje.

Fuente: UElectronics, n.d.

4.1.3.3. Módulo Controlador Puente H L298N

Este dispositivo integra un par de puentes H, lo que le confiere la capacidad de manejar dos motores de corriente continua o un motor paso a paso, ya sea bipolar o unipolar. La regulación de la dirección y la velocidad de giro se logra mediante señales TTL, compatibles con una variedad de plataformas de control como Arduino, Raspberry Pi o los Launchpads de Texas Instruments.



Tabla 7

Características Técnicas del Módulo Puente H L298N

<i>Nombre</i>	<i>Detalle</i>
<i>Chip</i>	LD298N
<i>Canales</i>	2 (soporta 2 motores DC o 1 motor PAP)
<i>Voltaje Logico</i>	5V
<i>Voltaje de Operacion</i>	5V – 35V
<i>Consumo de corriente</i>	0 a 36mA
<i>Capacidad de Corriente</i>	2A (picos de hasta 3A)
<i>Potencia Maxima</i>	25W
<i>Peso</i>	30g

El voltaje de alimentación tiene un mínimo de 5V. Cuenta con dos entradas: una de 5V para gestionar la lógica del sistema y otra destinada a la alimentación de las salidas hacia el motor, las cuales pueden ser de 5V o superiores. Además, incorpora un regulador de voltaje 78M05 de 5V, diseñado para suministrar energía a la etapa lógica del L298N.

Admite entradas de señal PWM para el control de velocidad.

Posee 8 diodos de protección contra corriente inversas.

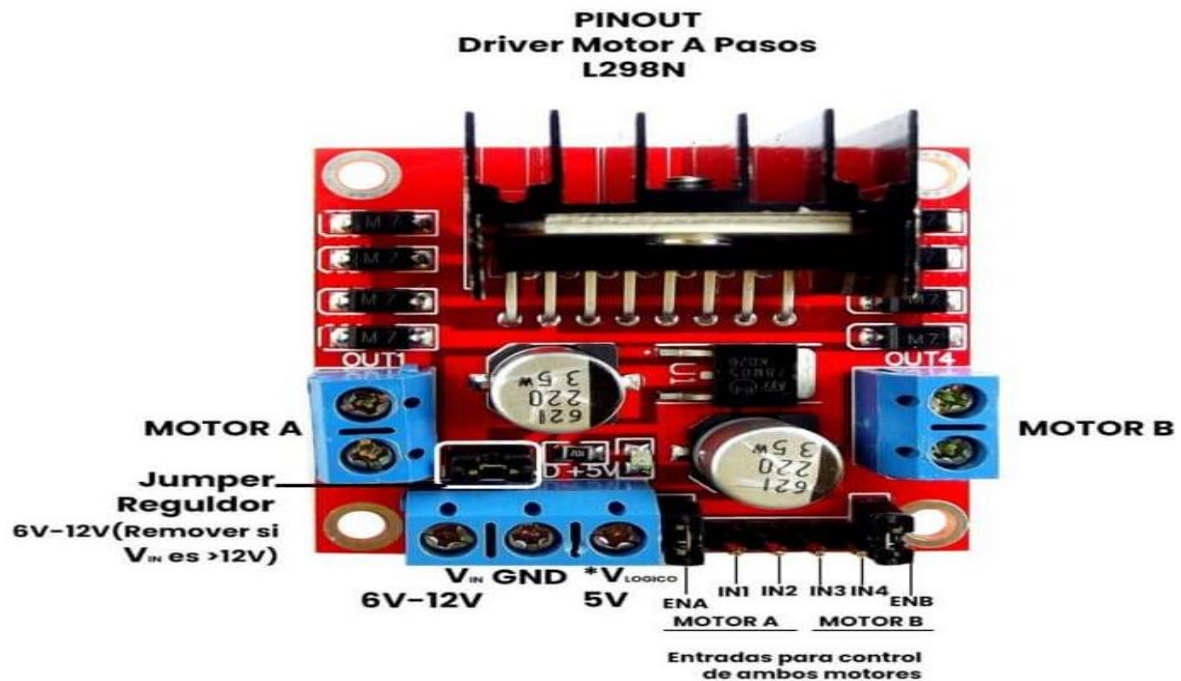
Nota: Características principales del módulo puente H. Fuente: (Eneka, n.d.).

El módulo incorpora un regulador de voltaje de 5V, cuya función principal es suministrar energía a los componentes lógicos del L298N. Este regulador puede activarse mediante un puente (jumper) y, además, tiene la capacidad de alimentar el circuito de control del sistema (Eneka, n.d.).

La versatilidad de este módulo lo hace ideal para proyectos de robótica y automatización, donde el control preciso de motores es fundamental. Su compatibilidad con diversas plataformas de desarrollo lo convierte en una opción flexible para una amplia gama de aplicaciones (Eneka, n.d.).

Figura 36

Modulo Driver L298N



Nota: La imagen muestra el módulo y el esquema de entradas y salidas vista desde arriba. Fuente: (UElectronics, n.d.).

4.1.3.4. Arduino UNO

Esta placa está basada en el microcontrolador ATmega 328P, cuyas especificaciones se presentan en la Tabla 7 y la Figura 36. Se destaca por su robustez, amplio uso en diversos proyectos y una extensa biblioteca de recursos accesible en la plataforma digital del fabricante.

Tabla 8

Características Técnicas del Arduino UNO.

Nombre	Detalle
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje operativo	5V
Voltaje de entrada	7-12V

Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Pines digitales de Entrada/Salida	14 (de los cuales 6 proporcionan PWM)
Pines análogos de entrada	6 pines
Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida	40 mA
Corriente DC entregada en el Pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (de los cuales 0.5 son usados para el bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad del reloj (Clock Speed)	16 MHz
Longitud	68.6 mm
Ancho	53.4 mm
Peso	25g

Nota: *Características principales del Arduino UNO. Fuente: (Suarez, Y. 2022).*

Figura 37

Arduino UNO.



Nota: *Muestra del Arduino de manera física. Fuente: (Suarez, Y. 2022).*

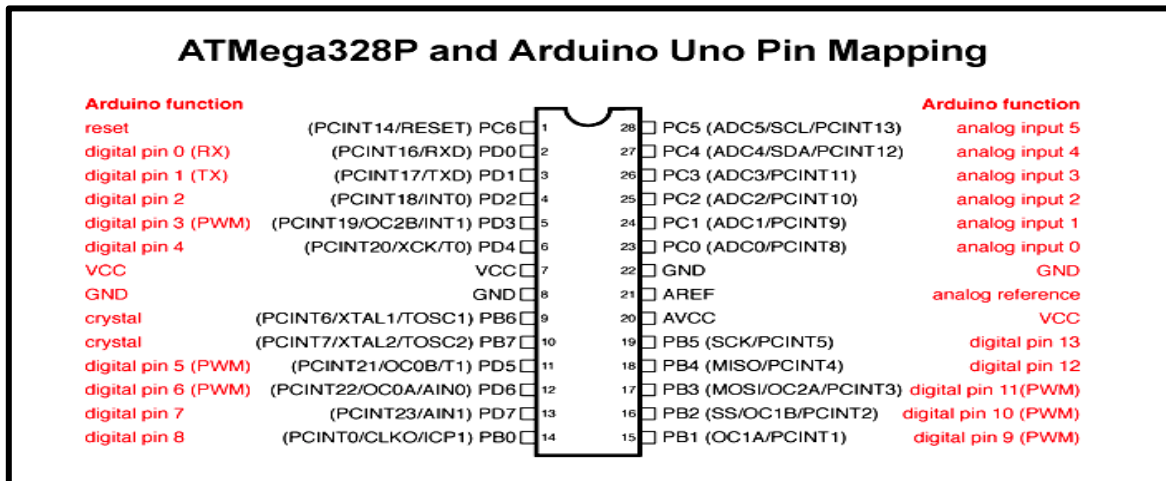
4.1.3.4.1. Microcontrolador Atmega 328P

El ATmega328P es un microcontrolador de 8 bits de alto rendimiento, desarrollado con tecnología AVR RISC. Integra una memoria flash ISP de 32 KB

con funcionalidad de lectura y escritura, una EEPROM de 1 KB y una SRAM de 2 KB, lo que lo convierte en una opción versátil para diversos proyectos electrónicos.

Figura 38

Atmega 328p con Encapsulado DIP28



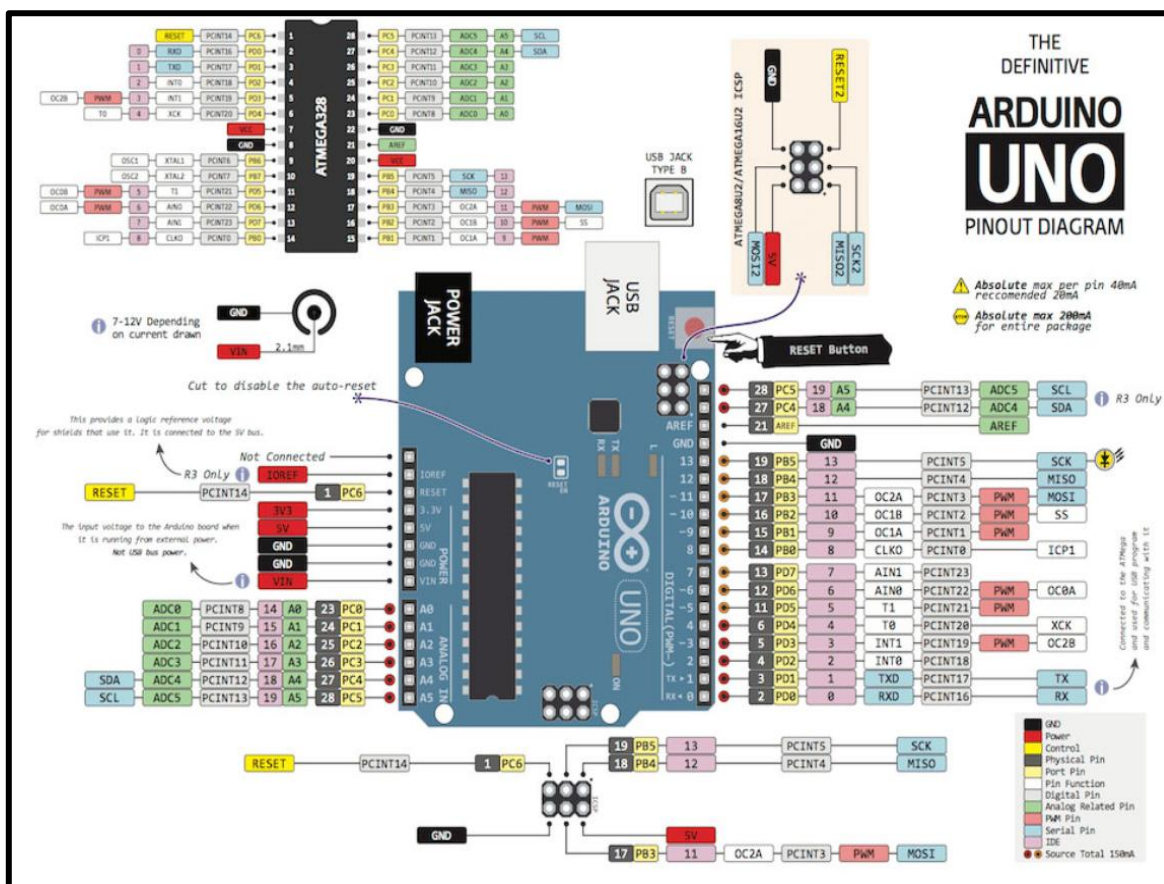
Nota: La imagen muestra la asignación de pines del microcontrolador ATmega328P en una placa Arduino Uno. Este mapeo detalla cómo los pines del microcontrolador están vinculados a funciones específicas en la placa Arduino. Fuente: (Proyecto Arduino, n.d.).

La placa Arduino UNO R3 admite alimentación a través de USB o de una fuente externa, seleccionándose automáticamente. La fuente externa puede ser un adaptador de CA a CC, conectado mediante un conector de 2.1 mm con centro positivo, o una batería, conectada a los pines GND y Vin.

El suministro externo puede variar entre 6 y 20 V, pero menos de 7 V puede causar inestabilidad al reducir la salida a menos de 5 V. Más de 12 V puede sobrecalentar el regulador y dañar la placa, por lo que se recomienda un rango de 7 a 12 V.

Figura 39

Diagrama de Pines del Arduino Uno.



Nota: Diagrama detallado del pinout (disposición de pines) del Arduino UNO, que muestra la distribución completa de los pines digitales y analógicos, conexiones de alimentación. Fuente: (Proyecto Arduino, n.d.).

4.1.3.4.2. Ide de Arduino

La IDE de Arduino (Integrated Development Environment) es el entorno de desarrollo utilizado para escribir, compilar y cargar programas a placas Arduino. Es una herramienta clave para los proyectos de programación con microcontroladores, ya que facilita el desarrollo de código para controlar dispositivos electrónicos.

Conceptos clave de la IDE de Arduino:

- Entorno de Desarrollo: Es una aplicación que permite escribir y cargar programas en las placas Arduino. Es compatible con sistemas operativos como Windows, macOS y Linux.
- Lenguaje de programación: Emplea una variante del lenguaje C++, facilitando la programación para principiantes y usuarios avanzados. El código se estructura en dos funciones principales: `setup ()` y `loop ()`.
 - `Setup()`: Se ejecuta una vez al iniciar el programa. Aquí se configuran los pines de entrada/salida y las configuraciones iniciales.
 - `Loop()`: Se ejecuta continuamente después de `setup()`, permitiendo que el Arduino responda a eventos, condiciones o ciclos de manera repetitiva.

Figura 40

Interfaz principal de la IDE de Arduino.

```
libreria_servo Arduino 1.8.15
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
libreria_servo $
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
16 Arduino Nano, ATmega328P en COM7
```

Nota: *Elaboración propia*



- **Editor de Código:** Es la sección de la IDE donde se escribe el código que luego se compilará y enviará a la placa. Ofrece resaltado de sintaxis y un sistema básico de autocompletado.
- **Compilador y Cargador:** La IDE incluye un compilador que transforma el código en un formato que el microcontrolador puede interpretar. Luego, este código se carga en la placa a través de un puerto USB.
- **Monitor Serie:** Es una herramienta dentro de la IDE que permite ver la comunicación en serie entre el ordenador y la placa Arduino. Esto es útil para depurar el código o para interactuar con sensores o dispositivos conectados al Arduino.
- **Bibliotecas:** La IDE ofrece un sistema de gestión de bibliotecas que permite agregar fácilmente funcionalidades adicionales (como el control de sensores, módulos o actuadores). Estas bibliotecas simplifican la programación de ciertos dispositivos externos.
- **Placas Arduino:** La IDE es compatible con una amplia gama de placas Arduino, como el Arduino Uno, Nano, Mega, entre otras. Al seleccionar la placa correcta en la IDE, se ajustan los parámetros de compilación y carga para el hardware específico.
- **Verificación y Carga:** Los botones "Verificar" y "Subir" son fundamentales en la IDE. "Verificar" revisa el código para asegurarse de que no haya errores de sintaxis, mientras que "Subir" envía el programa a la placa.



4.1.3.5. Sistema electrónico de Control

4.1.3.5.1. Sistema de control electrónico

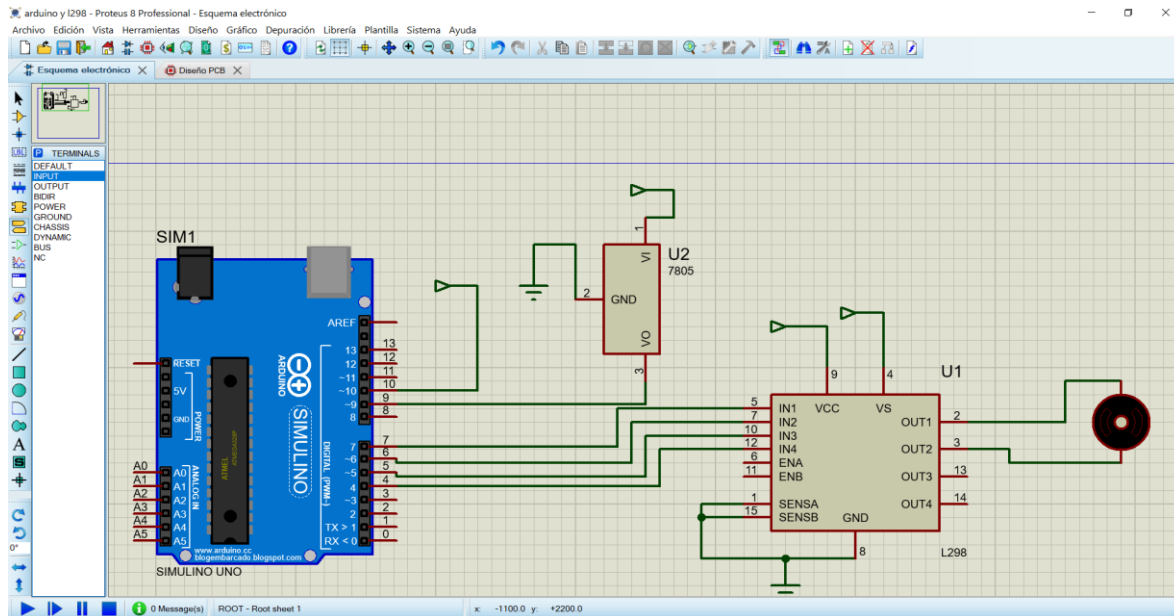
Requisitos del Sistema:

el sistema tiene los siguientes componentes:

- Arduino Uno:
 - Voltaje de operación: 5V
 - Corriente máxima por pin I/O: 40mA
 - Corriente máxima para el pin de 3.3V: 50mA
- Driver L298N:
 - Voltaje de operación: 5V-35V
 - Corriente máxima: 2A por canal (4A pico)
 - Caída de voltaje: aproximadamente 1.8V
- Regulador de Voltaje:
 - Voltaje de entrada: 7V-35V
 - Voltaje de salida: 5V
 - Corriente máxima: 1A
 - Caída de voltaje: 2V típicamente
- Actuador (motor DC):
 - Voltaje nominal: 12V
 - Corriente sin carga: 100mA
 - Corriente a plena carga: 1^a

Figura 41

Diagrama de conexiones y Simulación del Sistema en el software Proteus.



Nota: La imagen muestra una simulación en el software Proteus del sistema eléctrico y el cableado, utilizando los componentes necesarios para representar el circuito de manera completa y funcional. Fuente: Elaboración Propia.

4.1.3.6. Cálculos de Diseño del Sistema Electrónico

a. Potencia del motor a plena carga:

$$P = V * I$$

$$P = 12v * 1A = 12W$$

b. Eficiencia del L298N (aproximada):

$$Eficiencia = \frac{v_{motor} - V_{caida}}{V_{motor}} * 100\%$$

$$Eficiencia = \frac{12v - 1.8v}{12v} * 100\% = 85\%$$

c. Potencia disipada por el L298N a plena carga:

$$P_{disipada} = I^2 * R_{caida}$$



$$P_{disipada} = 1A^2 * 1.8\Omega = 1.8W$$

d. Corriente total del sistema (aproximada):

$$I_{total} = I_{motor} + I_{Arduino} + I_{control}$$

$$I_{total} = 1A + 50mA + 20mA = 1.07A$$

e. Potencia suministrada por el regulador 7805:

$$P_{regulador} = V * I$$

$$P_{regulador} = 5v * (50mA + 20mA) = 0.35 W$$

f. Caída de voltaje en el 7805:

$$V_{caida-reg} = V_{in} - V_{out}$$

$$V_{caida-reg} = 12v - 5v = 7v$$

g. Potencia disipada por el 7805:

$$P_{disipada} = V_{caida-reg} * I$$

$$P_{disipada} = 7v * 70mA = 0.49W$$

El diseño de un sistema eléctrico para un proyecto con Arduino requiere optimizar el software para utilizar eficientemente los recursos del microcontrolador. Aplicando buenas prácticas de programación, se puede reducir el uso de memoria, mejorar el tiempo de ejecución y asegurar la estabilidad del sistema. Aunque no implica cálculos eléctricos en el código, estas optimizaciones son clave para el rendimiento general del proyecto.



DESARROLLAR LA PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL MEDIANTE UNA PLACA DE ARDUINO.

4.1.4. Programación en IDE Arduino

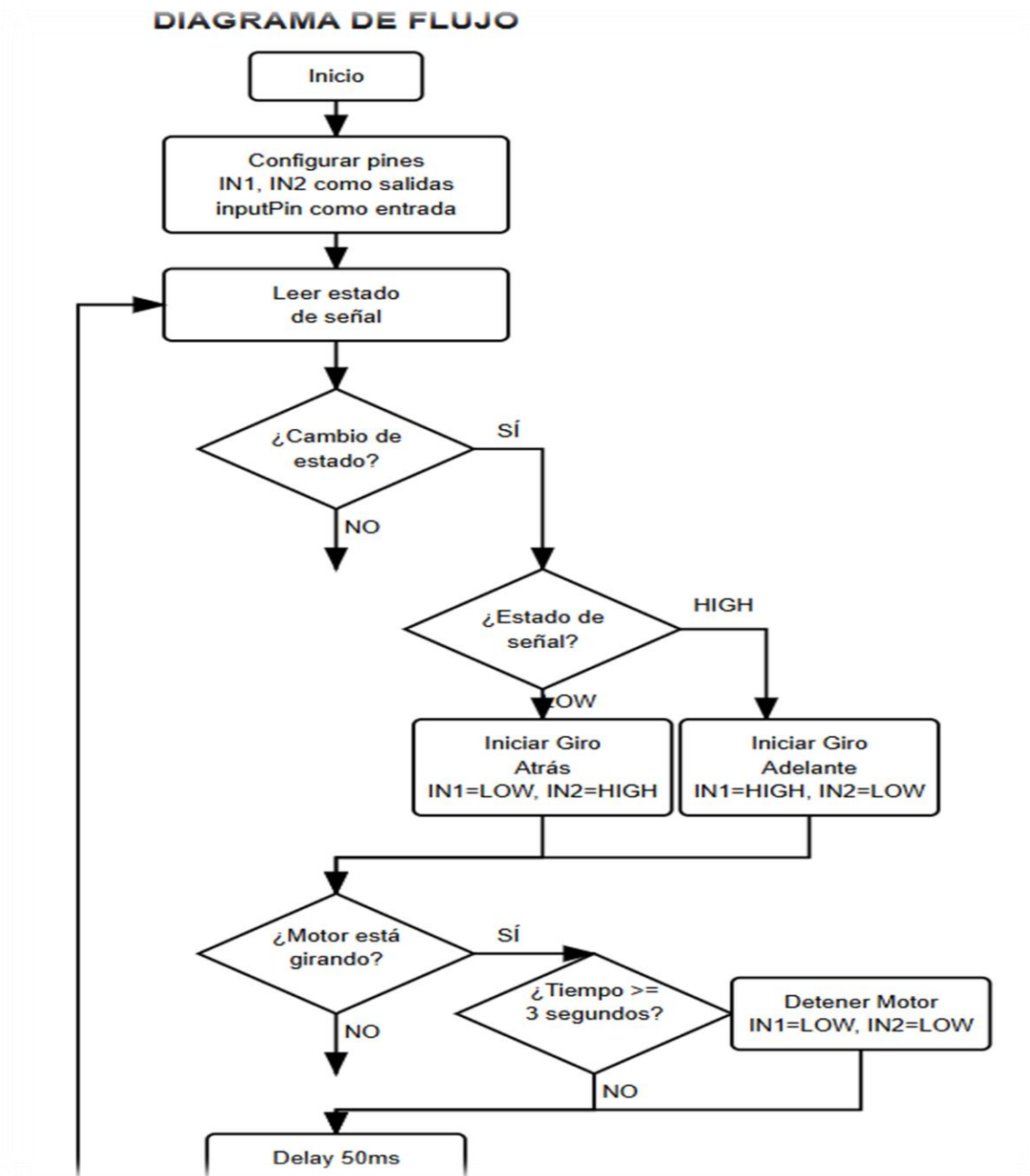
En el desarrollo de nuestro proyecto utilizo el entorno de desarrollo (IDE) de Arduino, es fundamental dominar dos aspectos clave: el entorno de programación específico del microcontrolador Arduino y la estructuración lógica de nuestro algoritmo.

Primero, la familiarización con el IDE de Arduino es esencial. Este entorno nos proporciona las herramientas necesarias para escribir, compilar y cargar nuestro código fuente en la placa Arduino. Comprender sus características, como el editor de texto, el compilador, y las funciones de depuración, nos permite optimizar nuestro proceso de desarrollo.

Segundo, y quizás más crucial para nuestro enfoque metodológico, es la creación de un diagrama de flujo detallado. Este diagrama visual representa la totalidad de los procesos de programación que conformarán la lógica de nuestro sistema mecatrónico. Esta herramienta no solo nos ayuda a visualizar la estructura de nuestro algoritmo, sino que también facilita la identificación de posibles problemas y la optimización de la lógica antes de comenzar la codificación.

Figura 42

Diagrama de Flujo de Control.



Nota: La imagen muestra el diagrama de flujo y la base o estructura para la programación del código fuente del sistema de control. Fuente: Elaboración Propia.

El diagrama de flujo que he diseñado, como el que se muestra en la Figura 44 proporcionada, desglosa cada paso de nuestro algoritmo de control. Incluye desde la lectura inicial de señales hasta las decisiones condicionales y las acciones resultantes, como el control del motor y los tiempos de espera. Esta representación visual es invaluable para asegurar que todos los estados y condiciones posibles del sistema estén adecuadamente considerados y manejados en nuestro código.

Figura 43

Ventana del Software de Arduino Ide

```
Control_Mecatronico Arduino 1.8.15
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Control_Mecatronico
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}
void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}
Guardado.
El nombre del sketch ha sido modificado.
Los nombres de Sketch deben empezar con una letra o n
números, guiones, puntos y subrayados. La longitud má
9 Arduino Nano, ATmega328P en COM7
```

Nota: Interface del software de Arduino Ide para comenzar con la programación.

Fuente: Elaboración propia

Inicialización: Configuramos los pines y variables necesarias para controlar el actuador.



Esta sección que inicializa nuestro sistema mecatrónico. Aquí configuramos los pines y establecemos la comunicación serial, sentando las bases para el funcionamiento del programa.

Figura 44

Definición de Constantes y Variables.

```
const int IN1 = 9;    // Pin de control 1 para el puente H
const int IN2 = 10;  // Pin de control 2 para el puente H
const int inputPin = 2; // Pin de entrada para la señal

const unsigned long motorDuration = 3000; // Duración del giro en milisegundos (3 segundos)

unsigned long motorStartTime = 0;
bool isMotorRunning = false;
bool lastSignalState = false;
```

Nota: Se define las variables de entrada y salida. Fuente: Elaboración Propia.

La claridad y eficiencia de este setup() facilitan la posterior implementación de la lógica de control en la función loop(), asegurando una base sólida para nuestro código de programación.

Figura 45

Void Setup de la Programación.

```
void setup() {
  pinMode(IN1, OUTPUT);
  pinMode(IN2, OUTPUT);
  pinMode(inputPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Sistema iniciado");
}
```

Nota: Estructura del Void Setup y definición de pines a las variables antes definidas.

Fuente: Elaboración Propia.



Veremos el void loop:

- Lee el estado de la señal de entrada.
- Compara con el estado anterior para detectar cambios.
- Si hay un cambio y el motor no está girando, inicia el giro en la dirección correspondiente.
- Si el motor está girando, verifica si ha pasado el tiempo especificado (3 segundos).
- Si el tiempo ha pasado, detiene el motor.

Figura 46

Void Loop de la Programación.

```
void loop() {  
  bool signalState = digitalRead(inputPin);  
  
  if (signalState != lastSignalState) {  
    if (signalState == HIGH && !isMotorRunning) {  
      iniciarGiroAdelante();  
    } else if (signalState == LOW && !isMotorRunning) {  
      iniciarGiroAtras();  
    }  
  }  
  
  lastSignalState = signalState;  
}  
  
if (isMotorRunning) {  
  if (millis() - motorStartTime >= motorDuration) {  
    detenerMotor();  
  }  
}  
  
delay(50); // Pequeña pausa para estabilidad  
}
```

Nota: El código muestra la estructura del bucle principal (loop) con las condiciones para el manejo del estado del motor. Fuente: Elaboración Propia.



Funciones auxiliares:

- ✓ `iniciarGiroAdelante()`: Configura el motor para girar hacia adelante.
- ✓ `iniciarGiroAtras()`: Configura el motor para girar hacia atrás.
- ✓ `detenerMotor()`: Detiene el motor.

Figura 47

Funciones Auxiliares.

```
void iniciarGiroAdelante() {
  Serial.println("Señal alta - Iniciando giro hacia adelante");
  digitalWrite(IN1, HIGH);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  motorStartTime = millis();
  isMotorRunning = true;
}

void iniciarGiroAtras() {
  Serial.println("Señal baja - Iniciando giro hacia atrás");
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, HIGH);
  motorStartTime = millis();
  isMotorRunning = true;
}

void detenerMotor() {
  Serial.println("Tiempo de giro completado - Deteniendo motor");
  digitalWrite(IN1, LOW);
  digitalWrite(IN2, LOW);
  isMotorRunning = false;
}
```

Nota: *Fragmento de código de Arduino que implementa la lógica de control para*



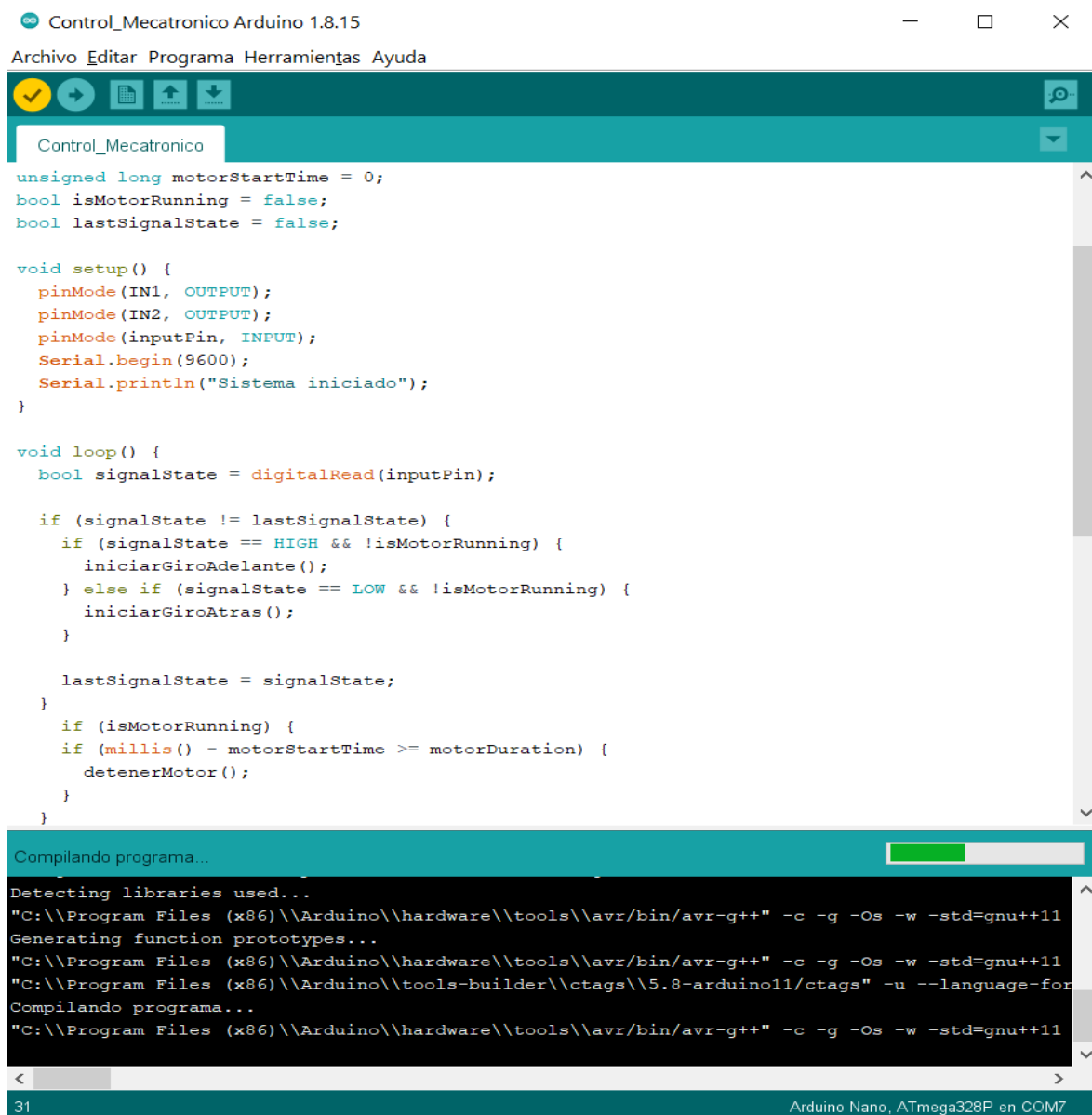
un motor, incluyendo funciones de lectura de señales digitales, control de giro adelante/atrás y temporización. Fuente: Elaboración propia.

Simulación y compilación en el software Arduino del código de programación:

- La interfaz muestra el código fuente del programa, que incluye la configuración inicial (setup()) y el bucle principal (loop()).
- En la parte inferior de la ventana, se puede ver la consola de salida que muestra el progreso de la compilación. Los mensajes indican que el sistema está detectando las bibliotecas utilizadas y generando prototipos de funciones.
- La barra de progreso verde en la parte inferior sugiere que la compilación se está realizando con éxito.
- El código visible incluye la inicialización de pines, la configuración de la comunicación serial, y una lógica para controlar el estado de un motor basado en señales de entrada.

Figura 48

Ejecución de Código en la Plataforma Arduino IDE.



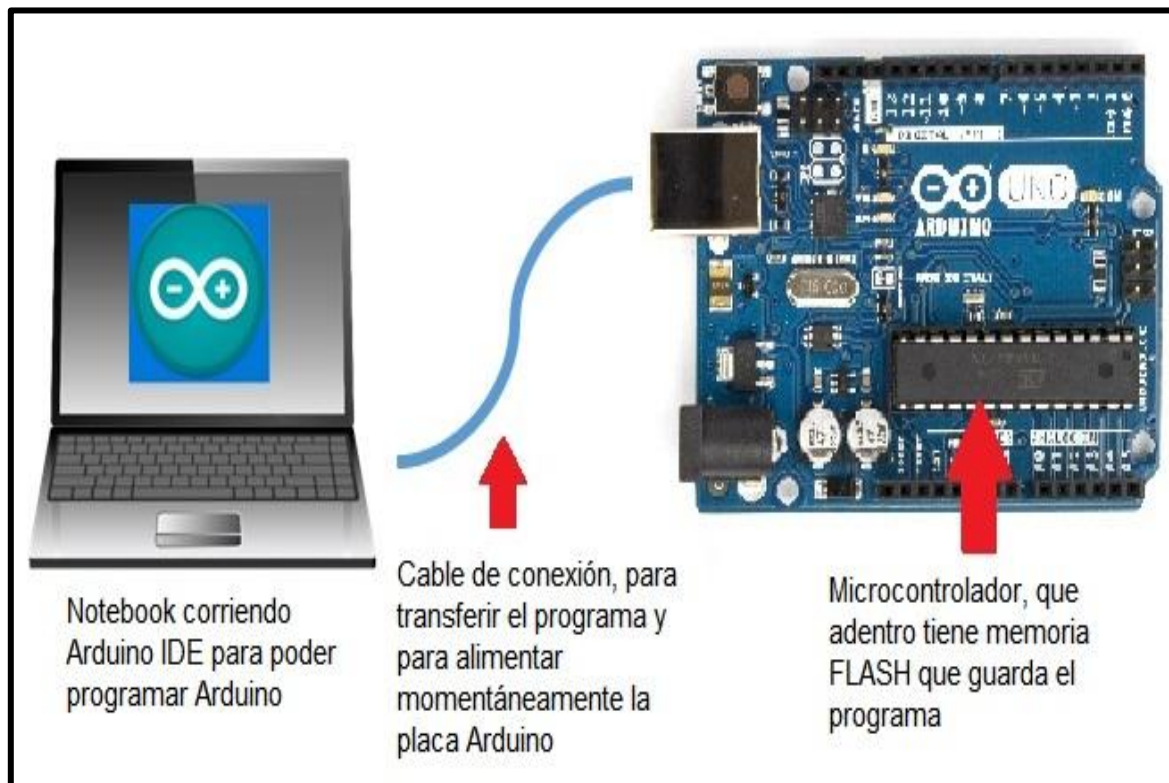
Nota: Muestra la compilación del código y la verificación de que no exista algún error para su posterior carga a la placa de Arduino. Fuente: Elaboración propia.

Para concluir el proceso de desarrollo, una vez que he finalizado la escritura y compilación del código fuente de Arduino, procedo con el paso final: la carga del código de programación en la placa Arduino Uno. Este paso es fundamental, ya que

transfiere el código compilado desde mi computadora directamente a la memoria del microcontrolador en la placa Arduino. Como se observa en la Figura 51.

Figura 49

Transferencia del Código Hacia el Arduino Uno.

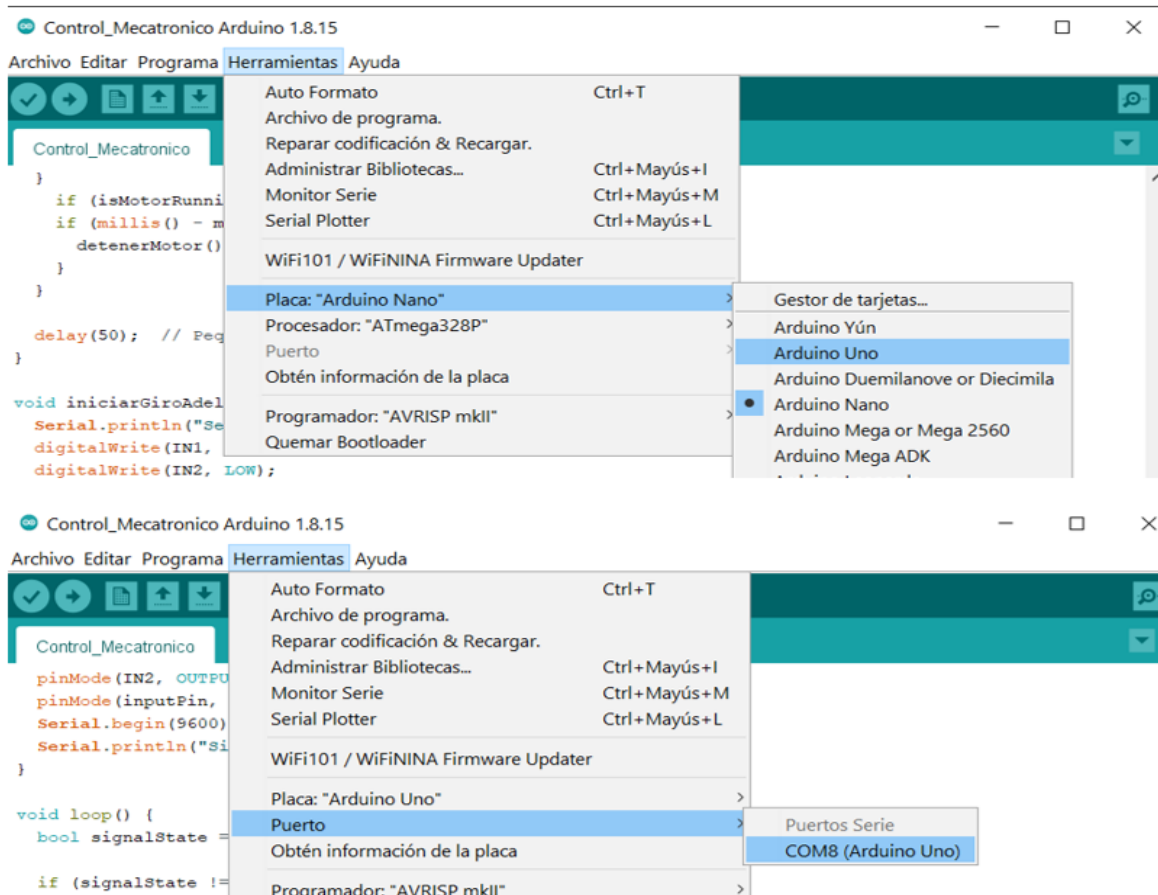


Nota: La transferencia del código desde la laptop al microcontrolador de Arduino mediante un cable de conexión. Fuente: (TeseoPress. n.d.).

Para realizar esta operación, primero verifico que la placa Arduino esté correctamente conectada al computador mediante un cable USB. Luego, en el IDE de Arduino, selecciono el modelo de placa y el puerto COM apropiados en el menú "Herramientas".

Figura 50

Selección de la Placa Arduino Uno y Puerto de Comunicación en el IDE de Arduino.



Nota: Se muestra la interfaz de configuración donde se selecciona el tipo de placa (Arduíno Uno/Nano) y el puerto de comunicación (COM8). Fuente: Elaboración propia.

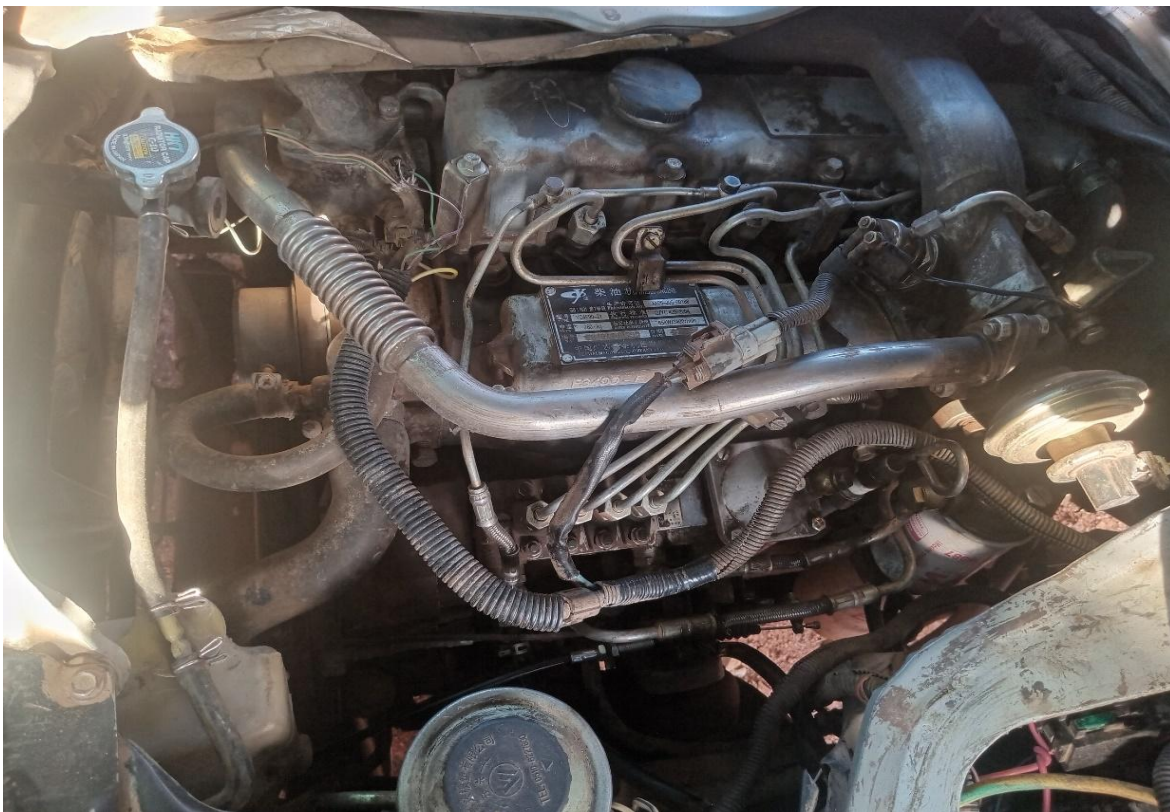
Es importante destacar que durante este proceso, aseguro que la placa Arduíno Uno esté correctamente conectada a mi computadora mediante un cable USB. Además, verifico que el puerto COM correcto esté seleccionado en el IDE para garantizar una comunicación adecuada entre la computadora y la placa.

4.1.5. Implementación e integración del sistema mecatrónico

La implementación e integración del sistema mecatrónico de control del ahorcador de combustible en los vehículos Jinbei modelo Haise representa la etapa final del proyecto de ingeniería planteado en esta tesis. Esta fase se enfoca en traducir los diseños y desarrollos previos en una solución tangible y funcional.

Figura 51

Vista Superior de un Motor Diésel YC4F del Vehículo Jinbei.



Nota: Motor al cual se le implementara el sistema mecatrónico.

Fuente: Elaboración Propia

La imagen a la que hacemos referencia ilustra una innovación crucial en nuestro proyecto: la integración de un mecanismo de control del gobernador o ahorcador de combustible del vehículo Jinbei. Hemos acoplado una base especial

que sirve como soporte para el cable de regulación. Este cable es un componente clave en nuestro sistema, ya que es el responsable de ejecutar el movimiento mecánico necesario para activar el mecanismo del gobernador o ahorcador de combustible.

Específicamente, el cable de regulación está configurado para interactuar directamente con la palanca del ahorcador de combustible en la bomba de inyección. Esta interacción es fundamental, ya que nos permite controlar el flujo o la restricción de combustible hacia la bomba de inyección lineal, y por ende, el encendido y apagado del vehículo.

Figura 52

Mecanismo de Activación del Ahorcador de Combustible.



Nota: Se realizó una serie de adaptaciones para el control mecánico del ahorcador. Fuente: Elaboración Propia.

Esta adaptación representa una interfaz crucial entre nuestro sistema de control electrónico y los componentes mecánicos del vehículo. Nos permite traducir

las señales eléctricas generadas por nuestro microcontrolador Arduino en acciones mecánicas concretas, logrando así un control preciso sobre el apagado del vehículo.

Figura 53

Sistema Mecánico.



Nota: Componente clave (actuador) encargado del sistema mecánico. Fuente: Elaboración Propia.

En esta etapa inicial de pruebas, nos enfocamos en verificar la integridad y funcionalidad de los componentes eléctricos y electrónicos del sistema. Nuestras mediciones revelaron que el driver del sistema recibe una alimentación de 12.94 voltios, un valor que se encuentra dentro del rango esperado para sistemas automotrices de 12 voltios nominales. Este driver, a su vez, cumple la función crucial de proporcionar una alimentación estable de 5 voltios al microcontrolador Arduino, que constituye el cerebro de nuestro sistema de control.

Un aspecto fundamental de nuestro diseño es la gestión de la señal de entrada. Registramos una señal de entrada de 9.58 voltios, que proviene presumiblemente de los sensores del vehículo. Para asegurar la compatibilidad con el Arduino, implementamos un regulador de voltaje que reduce y estabiliza esta

señal a 5 voltios. Esta regulación es esencial, ya que permite que el Arduino interprete correctamente la información a través de su pin de entrada analógica, sin riesgo de daños por sobrevoltaje.

Figura 54

Montaje del Sistema de Control de Motor utilizando Arduino y Driver L298N



Nota: Primeras pruebas del montaje del sistema. Fuente: Elaboración Propia.

La precisión en estos valores de voltaje es crucial para el funcionamiento óptimo de nuestro sistema. Una alimentación estable y una señal de entrada adecuadamente regulada son fundamentales para garantizar lecturas precisas y un control fiable del ahorcador de combustible.

4.2. PRUEBAS Y RESULTADOS

Se llevaron pruebas que comenzaron por el implemento y acoplamiento del sistema con ciertas características requeridas. puedo relatar que nuestra metodología experimental se inició con una fase crucial de implementación y adaptación del sistema.

Se llevo a cabo la recopilación de datos utilizando un escáner automotriz FCAR-E81, empleando el protocolo OBDII para acceder a la información del vehículo.

Figura 55

Conexión del Interfaz del Escáner FCAR – E81 por OBDII.



Nota: Ubicación y Conexión del puerto OBDII. Fuente: Elaboración Propia.

Esta solución demuestra la naturaleza interdisciplinaria de nuestro proyecto, combinando elementos de diseño mecánico, control electrónico y sistemas automotrices en una aplicación práctica y efectiva.

Figura 56

Visualización de los datos del Escáner FCAR – E81.



Nota: Se realiza un diagnóstico computarizado mediante un escáner profesional, verificando los parámetros y estados del motor en tiempo real.

Fuente: Elaboración Propia.

Esta actividad de diagnóstico y análisis de datos del vehículo demuestra la integración exitosa de diversas áreas de la ingeniería, incluyendo el diseño mecánico, los componentes electrónicos y la tecnología automotriz. El enfoque interdisciplinario evidenciado en esta tarea de mantenimiento y reparación vehicular refleja la capacidad de resolver problemas prácticos de ingeniería mecatronica de manera integral.

4.2.1. Pruebas Operativas y Análisis de Parámetros del Motor Diesel

4.2.1.1. Primera Prueba: Monitoreo en Condiciones de Ralentí Normal

Durante esta fase inicial, se implementó el escáner automotriz para obtener datos precisos sobre el comportamiento del motor en estado de ralentí estándar. Los instrumentos de diagnóstico permitieron registrar simultáneamente varios parámetros críticos de funcionamiento: la velocidad rotacional del motor, la temperatura operativa del sistema y el porcentaje de suministro de combustible hacia la bomba de inyección lineal.

Figura 57

Datos Interpretados por el Escáner FCAR - E81

ID	Nombre	Valor actual
9	La velocidad del motor	678 rpm
5	Temperatura del líquido refrigerante del motor	92 °C
23	Comando de purga de evaporación	2.7 %
1	Números de códigos de falla almacenados	0
2	Sistema de combustible 1 de estado	ciclo abierto
3	Sistema de combustible 2 de estado	Ha sido reservado
4	El valor de carga calculado	37.3 %
6	Ajuste de combustible a corto plazo - Grupo 1	-3.91 %
7	Ajuste de combustible a largo plazo - Grupo 1	10.94 %
8	Presión absoluta del maniquí de admisión	23 kPa

Nota: Interface del escáner en donde se visualiza los parámetros y estados del motor en tiempo real. Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos mostraron un motor operando a 678 RPM, con una temperatura estable de 92°C y un flujo de combustible al máximo, registrando

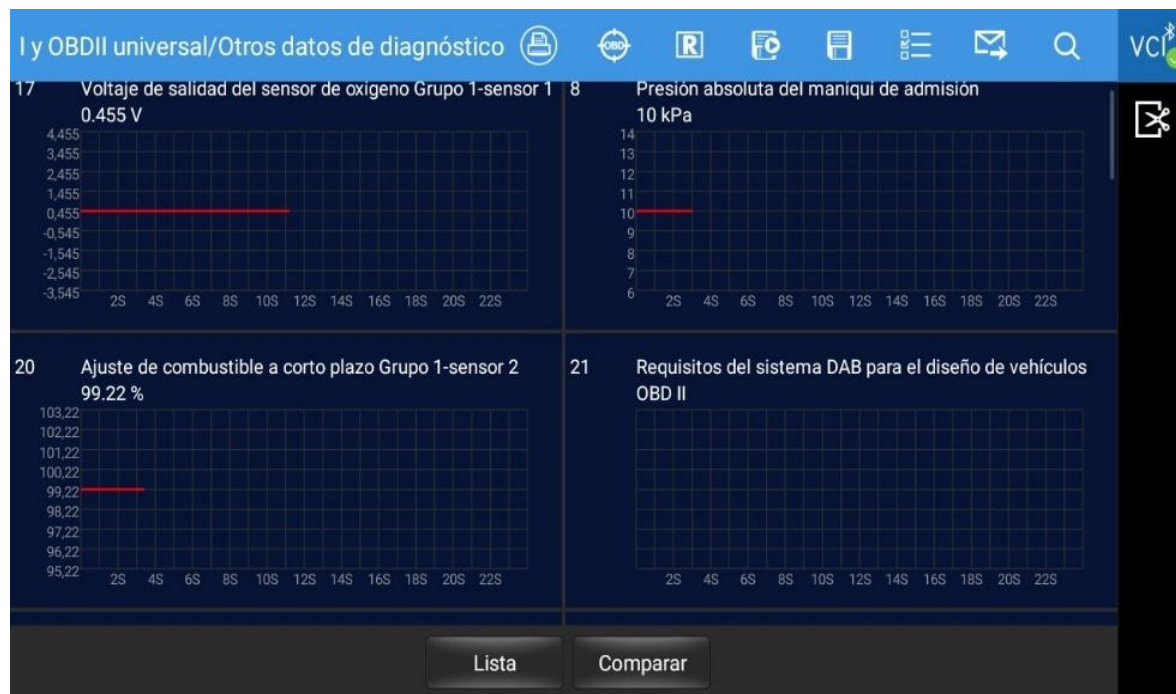
99.22% de apertura en el sistema de inyección. Estos valores establecen una línea base para el funcionamiento normal del motor en condiciones de mínima carga operativa.

4.2.1.2. Segunda Prueba: Evaluación en Condiciones de Carga Media

En la siguiente etapa, se analizó el comportamiento del motor bajo condiciones que simulan la operación cotidiana del vehículo. Esta prueba representa el escenario más frecuente durante el uso regular del equipo, correspondiente a una aceleración intermedia típica de las jornadas laborales estándar.

Figura 58

Graficas Proporcionadas por el Escáner.



Nota: Interface del escáner automotriz en donde se visualiza algunas graficas del estado de ciertos componentes del motor. Fuente: Elaboración Propia.

Los parámetros registrados indicaron un incremento sustancial en la velocidad rotacional, alcanzando 1600 RPM, mientras que la temperatura operativa



experimentó un ligero aumento hasta los 94°C. Notablemente, el sistema de inyección mantuvo el mismo porcentaje de suministro de combustible (99.22%), demostrando que el motor continúa requiriendo el máximo flujo de combustible aun en condiciones de operación intermedia.

4.2.1.3. Tercera Prueba: Análisis bajo Condiciones de Carga Máxima

Para evaluar los límites operativos del motor, se realizó una prueba exigente simulando condiciones de estrés excepcionales. Específicamente, se sometió al vehículo a una pendiente pronunciada que supera las condiciones habituales de trabajo, representando un escenario de máxima demanda para el sistema.

Bajo estas circunstancias extremas, el motor alcanzó aproximadamente 2500 RPM, evidenciando un aumento significativo en la temperatura operativa hasta 97°C. El suministro de combustible experimentó un ligero incremento, llegando a 99.25%, lo que sugiere que el sistema de inyección está operando prácticamente a su capacidad máxima incluso en condiciones normales.

4.2.1.4. Cuarta Prueba: Evaluación de Respuesta ante ahogador de Combustible controlada mediante el sistema mecatrónico

En la etapa final, se analizó la respuesta del motor ante una intervención deliberada en el sistema de alimentación. Con el vehículo operando en ralentí, se manipuló el mecanismo de ahogador de combustible hasta su posición nula.

Figura 59

Prueba del Ahorcador de Combustible.



Nota: Visualización de parametros en la cuarta prueba. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados fueron inmediatos y concluyentes: las RPM descendieron abruptamente a 500, la temperatura se redujo ligeramente a 90°C, y el flujo de combustible disminuyó drásticamente hasta un 40.34%. Esta restricción severa en el suministro de combustible provocó, como era previsible, que el motor cesara su funcionamiento, confirmando la relación directa entre el flujo de combustible y la operatividad del sistema mecatrónico de control del ahogador de combustible.

4.3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Comparación con parámetros estándar: Los datos de temperatura y velocidad (RPM) del motor diesel se compararon con los valores estándar recomendados por el fabricante. Las pruebas realizadas muestran que durante el funcionamiento normal en ralentí (678 RPM), la temperatura se mantiene en 92°C, lo cual está dentro del rango operativo ideal para motores diesel, que típicamente



oscila entre 85°C y 95°C. El flujo de combustible al 99.22% indica que el sistema de inyección está operando normalmente.

Deteccion de patrones anormales: Se analizaron las mediciones para detectar patrones de anomalías en el comportamiento del motor. Durante las pruebas de carga media (1600 RPM), la temperatura aumentó ligeramente a 94°C, manteniéndose aún dentro del rango aceptable, mientras que el flujo de combustible se mantuvo constante. En condiciones de máxima carga (2500 RPM), se observó un incremento de temperatura hasta los 97°C, valor que comienza a acercarse al límite superior recomendado para motores diesel, aunque sin llegar a condiciones críticas que pudieran indicar sobrecalentamiento.

Tabla 9

Tabla de Registro de Resultados monitoreados Mediante Escáner Automotriz.

	<i>RPM del Motor YC4F</i>	<i>Temperatura de Operación</i>	<i>Estado de flujo de Combustible.</i>
<i>Prueba 1</i>	678 rpm	92°C	99.22%
<i>Prueba 2</i>	1600 rpm	95°C	99.22%
<i>Prueba 3</i>	2500 rpm	97°C	99.25%
<i>Prueba 4</i>	500 rpm	90°C	40.24%

Nota: *Elaboración Propia.*

Las tres primeras pruebas se ejecutaron para evaluar los parámetros operativos del motor YC4F equipado con nuestro sistema mecatrónico de control del ahorcador de combustible. Los resultados demuestran que la implementación no genera interferencias en las tres fases operativas del vehículo, manteniendo un rendimiento óptimo y un estado de flujo de combustible constante en: Ralentí



(condición de mínima carga), Régimen medio de trabajo, Operación a máxima carga.

El cuarto ensayo experimental, que constituye el núcleo de esta investigación, demostró la viabilidad técnica de implementar un sistema mecatrónico basado en Arduino para el control del ahorcador de combustible en bombas de inyección lineal para este tipo de motores diesel. Los resultados revelan:

- ✓ Un tiempo de respuesta óptimo del sistema de control
- ✓ Un desempeño ideal para condiciones reales de operación vehicular
- ✓ Adaptabilidad a diversas demandas de manejo y operación.

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente estudio tuvo como objetivo principal implementar un sistema mecatrónico de control de ahorcador de combustible en bombas de inyección lineal de vehículos Jinbei Haise, con el fin de optimizar su eficiencia operativa. Los hallazgos obtenidos demuestran que:

Eficacia del sistema de Control:

- La solución mecatrónica desarrollada logró un control preciso del ahorcador de combustible, manteniendo un funcionamiento estable del motor sin alteraciones significativas en sus parámetros de rendimiento.
- Esto confirma que la implementación del sistema mecatrónico no introduce interferencias perjudiciales, garantizando una operación confiable en condiciones reales de conducción y operación del vehículo.

Adaptabilidad a Diferentes Regímenes de Operación



- El sistema demostró respuesta óptima en las tres fases críticas de funcionamiento:
 - Ralentí (condición de mínima carga)
 - Media operación (régimen de trabajo constante)
 - Máxima carga (demanda elevada de potencia)
- Esta versatilidad valida su aplicabilidad en entornos exigentes, particularmente en regiones de altura como la meseta del Collao (Puno), donde la regulación de combustible es crucial para mantener el rendimiento del motor.

El escáner automotriz demostró ser una herramienta eficaz para la adquisición de datos en tiempo real, permitiendo observar las variaciones en los parámetros críticos del motor bajo diferentes condiciones operativas. Esta capacidad de monitoreo continuo proporciona una ventaja significativa para la detección temprana de anomalías y la implementación de medidas preventivas antes de que se produzcan fallos críticos en el sistema.

Además, los datos recolectados permitieron establecer correlaciones claras entre las RPM, la temperatura y el flujo de combustible, confirmando que estos parámetros están estrechamente interrelacionados y que las alteraciones en uno de ellos tienen efectos directos sobre los demás. Particularmente notable fue la respuesta del sistema ante el ahogador de combustible en la cuarta prueba, donde la intervención del sistema mecatrónico de control provocó una reacción inmediata en las RPM y, eventualmente, el apagado del motor, demostrando que el sistema no solo supervisa las condiciones operativas, sino que también puede detectar intervenciones críticas que comprometen el funcionamiento del equipo.



4.5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Los datos recolectados mediante el escáner automotriz durante las diferentes pruebas realizadas en el vehículo Jinbei modelo Haise proporcionan información valiosa sobre el comportamiento del motor diesel bajo el sistema mecatrónico de control del ahorcador de combustible implementado.

Comportamiento operativo normal del motor: Las tres primeras pruebas (ralentí a 678 RPM, carga media a 1600 RPM y máxima carga a 2500 RPM) demostraron que el sistema mecatrónico implementado no interfiere con el funcionamiento normal del motor. La temperatura se mantuvo dentro de los rangos seguros (92°C-97°C), y el flujo de combustible permaneció estable alrededor del 99.22-99.25%. Estos resultados confirman que la integración del sistema de control no perturba los parámetros operativos críticos del motor en condiciones regulares de funcionamiento.

Efectividad del sistema de control del ahorcador: La cuarta prueba, que constituye el núcleo de la investigación, reveló que al activar el sistema mecatrónico para posicionar el ahorcador de combustible en posición nula (cerrada), se logró reducir el flujo de combustible al 40.34%, provocando una disminución inmediata en las RPM (500) y el consecuente apagado del motor. Este resultado es de vital importancia ya que demuestra la capacidad del sistema implementado para controlar eficazmente el suministro de combustible y, por extensión, para encender o apagar el vehículo de manera óptima.

Umbral crítico de funcionamiento: Los datos obtenidos permiten establecer que existe un umbral crítico de suministro de combustible aproximadamente del 40% por debajo del cual el motor Jinbei Haise no puede mantener su



funcionamiento. Este hallazgo nos permite determinar el punto exacto de intervención necesario para apagar el motor cuando se requiera.

Aplicabilidad regional: Considerando las condiciones específicas de la región de Puno (altitud, temperatura, calidad del combustible), los resultados demuestran que el sistema mecatrónico diseñado es robusto y eficaz en este entorno geográfico particular.

Estos resultados validan la efectividad del sistema mecatrónico implementado, confirmando su capacidad para controlar con precisión el ahorcador de combustible en las bombas de inyección de los vehículos Jinbei modelo Haise, sin comprometer el funcionamiento normal del motor durante la operación regular, pero permitiendo la intervención efectiva cuando sea necesario para arrancar o detener el vehículo de manera controlada.



CONCLUSIONES

- PRIMERA:** La implementación del sistema mecatrónico de control del ahorcador de combustible en vehículos Jinbei modelo Haise ha logrado optimizar el control de marcha del motor mediante una regulación precisa del flujo de combustible, Los resultados de las pruebas realizadas indicaron un consumo de combustible estable bajo diversas condiciones de conducción y operación del vehículo, adaptándose eficazmente a las condiciones geográficas de la región Puno.
- SEGUNDA:** El diseño mecánico y la selección de componentes electrónicos resultaron en un sistema integrado que permite un control preciso, garantizando la durabilidad y confiabilidad necesarias para su operación continua en diferentes condiciones de operación y conducción.
- TERCERA:** La programación desarrollada en la plataforma Arduino demostró ser una solución eficiente para el control del sistema, proporcionando la flexibilidad y precisión requeridas para gestionar el ahorcador de combustible en tiempo real.
- CUARTA:** El sistema desarrollado ha demostrado una integración notable a las condiciones geográficas y atmosféricas de la región Puno. Las pruebas realizadas mostraron que el sistema mantiene su eficacia en el control del ahorcador de combustible, sin variaciones en el flujo de combustible.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se recomienda extender la investigación para evaluar la viabilidad de implementar el sistema desarrollado en otros modelos de vehículos y marcas presentes en la región Puno. Esto permitiría determinar la versatilidad del sistema y su potencial para una aplicación más amplia en el parque automotor local.
- SEGUNDA:** Es imperativo establecer un programa de capacitación integral para técnicos locales en la instalación, mantenimiento y calibración del sistema mecatrónico implementado. Este programa debería incluir módulos teóricos y prácticos, asegurando la sostenibilidad a largo plazo del proyecto y facilitando su adopción generalizada en la región.
- TERCERA:** Se sugiere realizar un estudio de seguimiento a largo plazo para evaluar el rendimiento y durabilidad del sistema mecatrónico en diferentes condiciones climáticas y de altura, característicos de la región Puno.
- CUARTA:** Se recomienda implementar un sistema de registro y monitoreo digital que permita documentar el comportamiento del sistema mecatrónico y facilite futuras optimizaciones basadas en datos reales de operación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo y Tejada. (2016). *Diseño y construcción de accesorios para la calibración de bombas lineales tipo a-p para el banco de pruebas Bosch eps-815.*
- Baena Paz, G. (2014). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Issue 2017).
- Bolton, W. (2015). *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering.* Pearson.
- Castillo, A. (2014). *Rediseño e implementación de un banco de pruebas de bombas inyectoras diésel para el laboratorio de motores de la escuela de ingeniería automotriz.*
- Chávez y Paredes.(2014). *Implementación de un banco didáctico de una bomba de inyección lineal para la escuela de ingeniería automotriz.*
- China-Lutong. (n.d.). Common rail system: Advantages and challenges.
http://chinalutong.com/s_news/349.html
- Eneka. (n.d.). *Módulo controlador puente H L298N*. Eneka.
<https://www.eneka.com.uy/robotica/motores/controladores-motor/m%C3%B3dulo-controlador-puente-h-l298n-detail.html>
- Erazo, D., & Viteri, A. (2017). *Análisis Termodinámico de los parámetros indicados de un motor de ciclo de aspiración natural con sistema de inyección electrónica.* 219. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19868/1/CD-9281.pdf>
- González, F. (n.d.). Curso bombas en línea ELI (1a parte). Academia.edu.
https://www.academia.edu/16431650/Curso_bombas_en_linea_ELI_1a_parte



- Guacollante, E. P., Maya, D. E., & Plaza, O. R. (2010). Implementación Y Construcción De Un Banco De Pruebas Para Bombas De Inyección Lineales De Tipo Mecánica Y Sentido De Giro Horario. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Hernandez - Sampieri, R., Fernandez - Collado, C., & Baptista, M. del P. (2014). Metodología de la Investigación. In *Metodología de la investigación* (5th ed.). Mac Graw-Hill Interamericana.
- Khalil, W., & Graichen, K. (2018). *Mechatronic Design Approaches*. John Wiley & Sons.
- Lira, G. (2020). *Sistema para mejorar la estabilidad de los motores Diesel en regímenes de bajas cargas y velocidades*.
- Maquinaria YUCHAI Cia. Ltda. (Diciembre de 2005). *Manual del Manejo y Mantenimiento del Motor Diesel*. Obtenido de manualmachine: <https://manualmachine.com/yuchai/yc4feii/4534753-service-manual/>
- Menteri Kesehatan RI. (2014). *Partes y funcionamiento bomba de inyección lineal con control electrónico*. <http://www.springer.com/series/15440%0Apapers://ae99785b-2213-416d-aa7e-3a12880cc9b9/Paper/p18311>
- Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering*. Prentice Hall.
- Pancho, N. (2015). Fundamento Teórico Y Aplicación De La Bomba Del Sistema Diésel. 1–53. <http://uio.uisek.edu.ec/handle/123456789/1570>.
- Pérez, A. (2007). *Sistema de control, inyección y encendido, para motores térmicos y alternativos de ciclo Otto basado en programación abierta bajo LabVIEW*. 2007(plan 94), 101.



<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4329/Memoria.pdf>

Proyecto Arduino. (n.d.). Arduino Uno R3. Proyecto Arduino.

<https://proyectoarduino.com/arduino-uno-r3/>

Ramirez, L. (2016). Análisis del comportamiento del flujo transitorio en un sistema de inyección de un motor Diesel.

Reif, K. (2014). Automotive Mechatronics: Automotive Networking, Driving Stability Systems, Electronics. Springer.

Robinson, R. (2018). Estudio del comportamiento de la bomba lineal y rotativa en el banco de pruebas para proponer un manual de mantenimiento.

Rodas, J. (2023). Innovación y fabricación de un banco de pruebas para bombas de inyección Diesel y bombas de alta presión common rail. *[Tesis Maestría]* Universidad Nacional Del Callao, 1–81.

<https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/7914/TESIS-RODAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Suarez, Y. (2022). *Diseño y construcción de una computadora automotriz con microcontrolador arduino para controlar las funciones de la gestión electrónica de un motor de combustión interna mediante parámetros programables.*

TeseoPress. (n.d.). *Programación*. En *Conceptos Arduino*.

<https://www.teseopress.com/conceptosarduino/chapter/programacion/>

UElectronics. (n.d.). L7809CV regulador 9V 1.5A. UElectronics.

<https://uelectronics.com/producto/l7809cv-regulador-9v-1-5a/>

Vejarano, D. C. I. (2017). Analisis de la variación de presión de inyección para determinar el consumo específico de combustible en motores Common Rail



de 3000cc, Chiclayo. Ucv, 0-116.

109



ANEXOS



ANEXO 01 - MATRIZ DE CONSISTENCIA.

TITULO: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHÍCULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN DE PUNO 2024

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables e indicadores		
			Variables	Dimensiones	Indicadores
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo la implementación de un sistema mecatrónico de control de ahorcador de combustible puede optimizar el funcionamiento de las bombas de inyección lineal en vehículos Jinbei modelo Haise en la región de Puno, 2024?</p> <p>Problema específico</p> <p>¿Cómo diseñar un sistema mecánico eficiente y seleccionar los componentes electrónicos adecuados para el control del ahorcador de combustible en vehículos Jinbei modelo Haise?</p> <p>¿Cómo desarrollar un programa de control eficaz utilizando una placa de Arduino para gestionar el sistema del ahorcador de combustible en vehículos Jinbei modelo Haise?</p> <p>¿Cómo implementar e integrar de manera efectiva el sistema mecatrónico de control del ahorcador de combustible en vehículos Jinbei modelo Haise?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Implementar un sistema mecatrónico de control de ahorcador de combustible en bombas de inyección lineal de vehículos Jinbei modelo Haise, en la región Puno, 2024.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Diseñar el sistema mecánico y seleccionar los componentes electrónicos.</p> <p>Desarrollar la programación del sistema de control mediante una placa de Arduino.</p> <p>Implementar e integrar el sistema mecatrónico de control del ahorcador.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La implementación de un sistema mecatrónico de control de ahorcador de combustible optimizará significativamente el funcionamiento de las bombas de inyección lineal en vehículos Jinbei modelo Haise, mejorando su eficiencia y rendimiento en las condiciones específicas de la región de Puno.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>El diseño de un sistema mecánico optimizado y la selección de componentes electrónicos idóneos permitirá implementar un sistema de control del ahorcador de combustible que mejore el rendimiento y la eficiencia de los vehículos Jinbei modelo Haise.</p> <p>El desarrollo de un programa de control basado en una placa de Arduino permitirá implementar un sistema mecatrónico capaz de regular eficientemente el ahorcador de combustible en vehículos Jinbei modelo Haise.</p> <p>La implementación e integración adecuada del sistema mecatrónico de control del ahorcador de combustible mejorará el desempeño y la eficiencia de los vehículos Jinbei modelo Haise.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Sistema Mecatrónico de Control de ahorcador de combustible</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Bombas de inyección de vehículos Jinbei</p>	<p>Precisión de control</p> <p>Eficiencia energética</p> <p>Tiempo de respuesta</p> <p>Presión de combustible</p> <p>Estabilidad de inyección</p> <p>Durabilidad</p>	<p>Desviación del Angulo de apertura</p> <p>Consumo de corriente</p> <p>Delay señal - actuación</p> <p>Flujo volumétrico</p> <p>Variación de presión</p> <p>Horas de operación sin fallos</p>

ANEXO - 02: INSTRUMENTOS



DIAGNOSTOOLS
Equipos y Herramientas Para el Servicio Automotriz

Departamento de Productos

ESCANER FCAR PARA VEHICULOS LIVIANOS 12V (CN-E81-W)



Descripción

E81-W, un nuevo diseño tipo tableta de FCAR para el diagnóstico de autos multimarca, está basado en el sistema Android, equipado con Wi-Fi y Bluetooth. Funciones básicas y especiales de gran alcance para todos los vehículos, soporte técnico de forma remota y actualizaciones en línea, es un equipo que ofrece a los clientes de todo el mundo un paquete de soluciones de diagnóstico y servicios de mantenimiento.

Características



- 🔧 Sistema operativo Android 11 ideal para la aplicación y diagnóstico FCAR
- 🔧 Procesador Cortex-A55 RK3566 Quad-core, 1.8GHz architecture procesador con velocidad lo que hace que el equipo tenga la mejor velocidad de respuesta.
- 🔧 Batería interna de alta duración con 10000 mAh.
- 🔧 Pantalla Touch screen de 8" para una mejor lectura y visualización de datos.
- 🔧 Memoria: RAM 4 GB y ROM 64GB
- 🔧 Cámara frontal de 8.0 MP



DIAGNOSTOOLS
Equipos y Herramientas Para el Servicio Automotriz

Departamento de Productos

Cobertura

- Cobertura de Asiáticos, europeos, americanos y chinos
- Auto conexión vía Wi-Fi /BT.
- Detección automática de sistemas.



Soporte via remoto

- Se brinda soporte vía TeamViewer y Skype.



Actualizaciones

Las actualizaciones se pueden realizar a diario y en línea con conexión wifi.



Conexión Inalámbrica con el Vehículo.





DIAGNOSTOOLS

Equipos y Herramientas Para el Servicio Automotriz

Departamento de Productos

Funciones especiales para vehículos livianos:

- Lectura y borrado de códigos.
- Corte de inyectores.
- Programación de inyectores.
- Reiniciación de valores DPF.
- Reseteo de valores adaptativos.
- Reseteo de cambio de aceite.
- Programación y reseteo de sistema ABS.
- Programación o aprendizaje CKP.
- Inicialización de la ECU, EPB, DPF, SAS.
- Reprogramación de llaves.
- Reseteo SRS, cuerpo de aceleración, TMPS, ventanas, ajuste de luces, suspensión.
- Test de actuadores.
- Flujo de datos en tiempo real.



ANEXO - 03. ARDUINO UNO



Arduino® UNO R3

Product Reference Manual
SKU: A000066



Description

The Arduino® UNO R3 is the perfect board to get familiar with electronics and coding. This versatile development board is equipped with the well-known ATmega328P and the ATmega 16U2 Processor.

This board will give you a great first experience within the world of Arduino.

Target areas:

Maker, introduction, industries

Features

- **ATmega328P Processor**
 - **Memory**
 - AVR CPU at up to 16 MHz
 - 32 kB Flash
 - 2 kB SRAM
 - 1 kB EEPROM
 - **Security**
 - Power On Reset (POR)
 - Brown Out Detection (BOD)
 - **Peripherals**
 - 2x 8-bit Timer/Counter with a dedicated period register and compare channels
 - 1x 16-bit Timer/Counter with a dedicated period register, input capture and compare channels
 - 1x USART with fractional baud rate generator and start-of-frame detection



- 1x controller/peripheral Serial Peripheral Interface (SPI)
- 1x Dual mode controller/peripheral I2C
- 1x Analog Comparator (AC) with a scalable reference input
- Watchdog Timer with separate on-chip oscillator
- Six PWM channels
- Interrupt and wake-up on pin change
- **ATMega16U2 Processor**
 - 8-bit AVR® RISC-based microcontroller
- **Memory**
 - 16 kB ISP Flash
 - 512B EEPROM
 - 512B SRAM
 - debugWIRE interface for on-chip debugging and programming
- **Power**
 - 2.7-5.5 volts

2 Ratings

2.1 Recommended Operating Conditions

Symbol	Description	Min	Max
	Conservative thermal limits for the whole board:	-40 °C (-40 °F)	85 °C (185 °F)

NOTE: In extreme temperatures, EEPROM, voltage regulator, and the crystal oscillator, might not work as expected.

2.2 Power Consumption

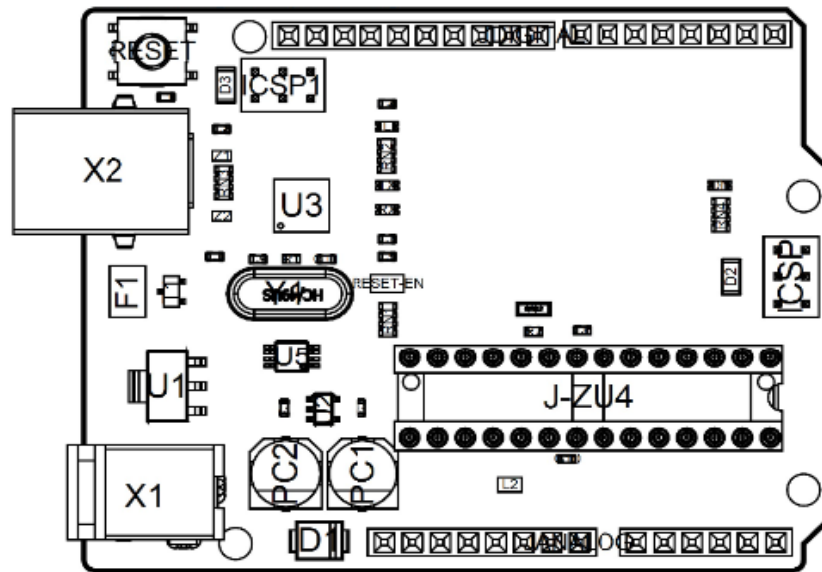
Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
VINMax	Maximum input voltage from VIN pad	6	-	20	V
VUSBMax	Maximum input voltage from USB connector		-	5,5	V
PMax	Maximum Power Consumption	-	-	xx	mA



3 Functional Overview

3.1 Board Topology

Top view



Board topology

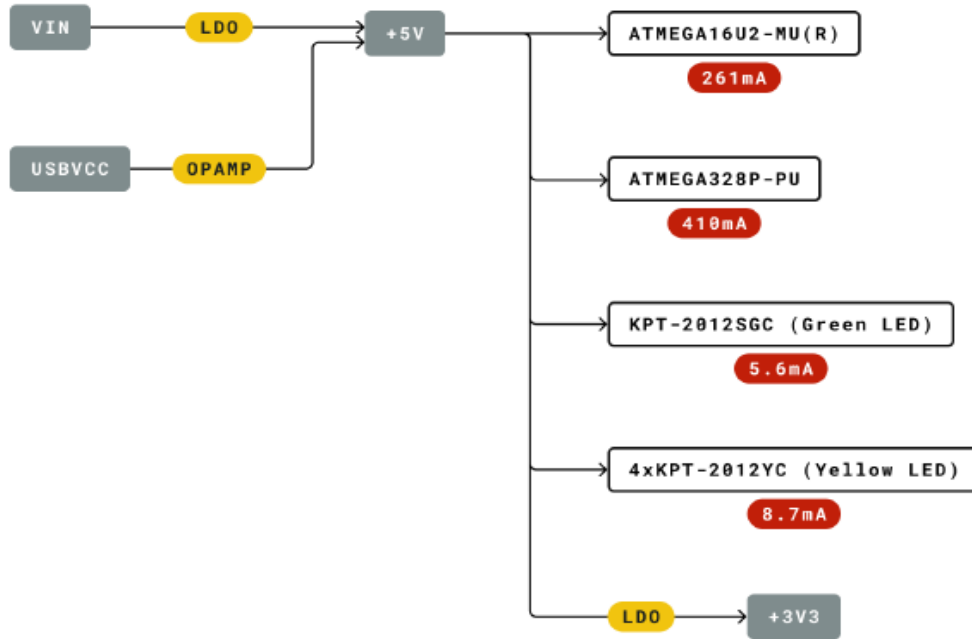
Ref.	Description	Ref.	Description
X1	Power jack 2.1x5.5mm	U1	SPX1117M3-L-5 Regulator
X2	USB B Connector	U3	ATMEGA16U2 Module
PC1	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	U5	LMV358LIST-A.9 IC
PC2	EEE-1EA470WP 25V SMD Capacitor	F1	Chip Capacitor, High Density
D1	CGRA4007-G Rectifier	ICSP	Pin header connector (through hole 6)
J-ZU4	ATMEGA328P Module	ICSP1	Pin header connector (through hole 6)
Y1	ECS-160-20-4X-DU Oscillator		

3.2 Processor

The Main Processor is a ATmega328P running at up to 20 MHz. Most of its pins are connected to the external headers, however some are reserved for internal communication with the USB Bridge coprocessor.



3.3 Power Tree



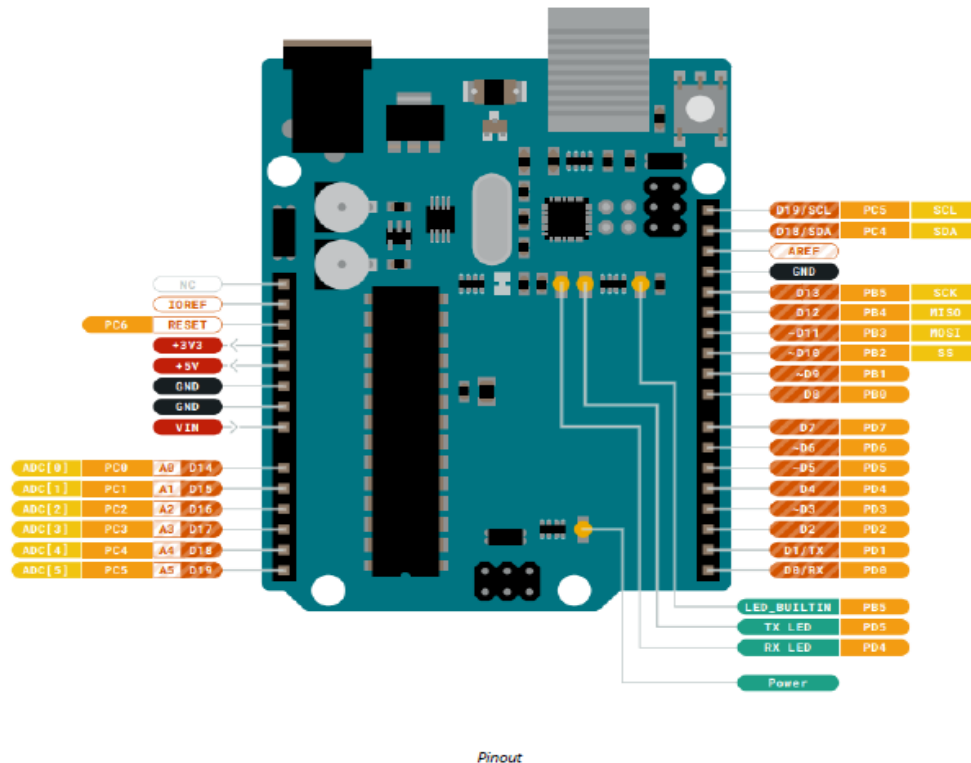
Legend:

- Component
- Power I/O
- Conversion Type
- Max Current
- Voltage Range

Power tree



5 Connector Pinouts



5.1 JANALOG

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog/GPIO	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog/GPIO	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog/GPIO	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog/GPIO	Analog input 3 /GPIO
13	A4/SDA	Analog input/I2C	Analog input 4/I2C Data line
14	A5/SCL	Analog input/I2C	Analog input 5/I2C Clock line



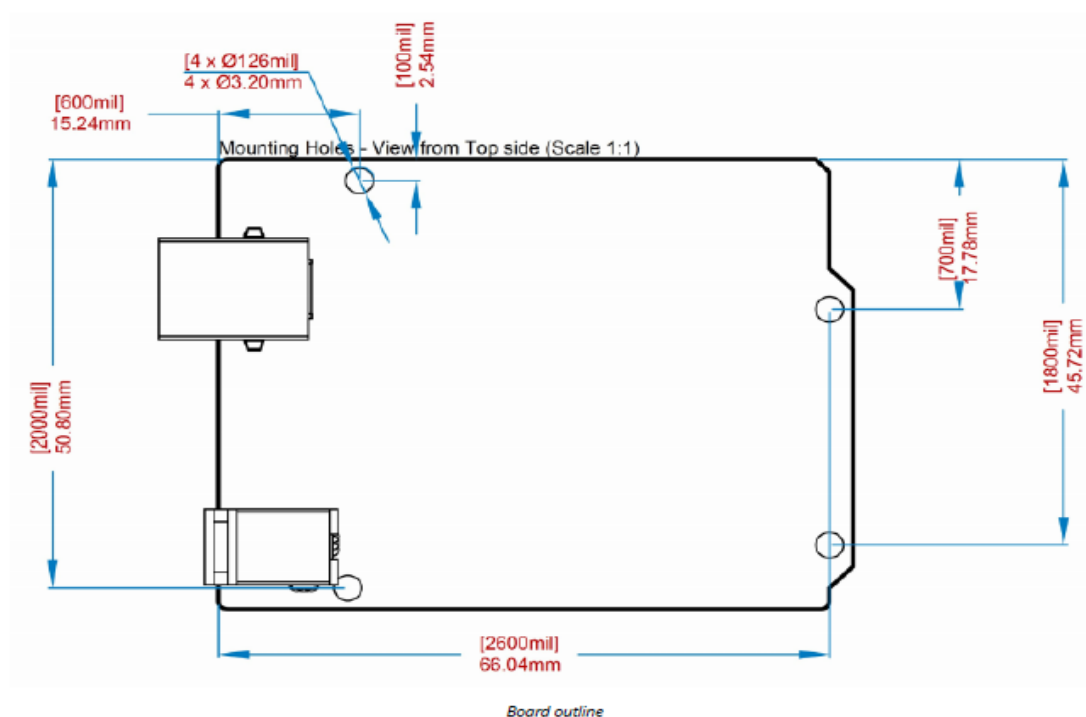
Arduino® UNO R3

5.2 JDIGITAL

Pin	Function	Type	Description
1	D0	Digital/GPIO	Digital pin 0/GPIO
2	D1	Digital/GPIO	Digital pin 1/GPIO
3	D2	Digital/GPIO	Digital pin 2/GPIO
4	D3	Digital/GPIO	Digital pin 3/GPIO
5	D4	Digital/GPIO	Digital pin 4/GPIO
6	D5	Digital/GPIO	Digital pin 5/GPIO
7	D6	Digital/GPIO	Digital pin 6/GPIO
8	D7	Digital/GPIO	Digital pin 7/GPIO
9	D8	Digital/GPIO	Digital pin 8/GPIO
10	D9	Digital/GPIO	Digital pin 9/GPIO
11	SS	Digital	SPI Chip Select
12	MOSI	Digital	SPI1 Main Out Secondary In
13	MISO	Digital	SPI Main In Secondary Out
14	SCK	Digital	SPI serial clock output
15	GND	Power	Ground
16	AREF	Digital	Analog reference voltage
17	A4/SD4	Digital	Analog input 4/I2C Data line (duplicated)
18	A5/SD5	Digital	Analog input 5/I2C Clock line (duplicated)

5.3 Mechanical Information

5.4 Board Outline & Mounting Holes





6 Certifications

6.1 Declaration of Conformity CE DoC (EU)

We declare under our sole responsibility that the products above are in conformity with the essential requirements of the following EU Directives and therefore qualify for free movement within markets comprising the European Union (EU) and European Economic Area (EEA).

ROHS 2 Directive 2011/65/EU	
Conforms to:	EN50581:2012
Directive 2014/35/EU. (LVD)	
Conforms to:	EN 60950-1:2006/A11:2009/A1:2010/A12:2011/AC:2011
Directive 2004/40/EC & 2008/46/EC & 2013/35/EU, EMF	
Conforms to:	EN 62311:2008

6.2 Declaration of Conformity to EU RoHS & REACH 211 01/19/2021

Arduino boards are in compliance with RoHS 2 Directive 2011/65/EU of the European Parliament and RoHS 3 Directive 2015/863/EU of the Council of 4 June 2015 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.

Substance	Maximum limit (ppm)
Lead (Pb)	1000
Cadmium (Cd)	100
Mercury (Hg)	1000
Hexavalent Chromium (Cr6+)	1000
Poly Brominated Biphenyls (PBB)	1000
Poly Brominated Diphenyl ethers (PBDE)	1000
Bis(2-Ethylhexyl) phthalate (DEHP)	1000
Benzyl butyl phthalate (BBP)	1000
Dibutyl phthalate (DBP)	1000
Diisobutyl phthalate (DIBP)	1000

Exemptions: No exemptions are claimed.

Arduino Boards are fully compliant with the related requirements of European Union Regulation (EC) 1907 /2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals (REACH). We declare none of the SVHCs (<https://echa.europa.eu/web/guest/candidate-list-table>), the Candidate List of Substances of Very High Concern for authorization currently released by ECHA, is present in all products (and also package) in quantities totaling in a concentration equal or above 0.1%. To the best of our knowledge, we also declare that our products do not contain any of the substances listed on the "Authorization List" (Annex XIV of the REACH regulations) and Substances of Very High Concern (SVHC) in any significant amounts as specified by the Annex XVII of Candidate list published by ECHA (European Chemical Agency) 1907 /2006/EC.

ANEXO - 04. DRIVER L298N

L298N Dual H-Bridge Motor Driver

This dual bidirectional motor driver, is based on the very popular L298 Dual H-Bridge Motor Driver Integrated Circuit. The circuit will allow you to easily and independently control two motors of up to 2A each in both directions. It is ideal for robotic applications and well suited for connection to a microcontroller requiring just a couple of control lines per motor. It can also be interfaced with simple manual switches, TTL logic gates, relays, etc. This board equipped with power LED indicators, on-board +5V regulator and protection diodes.

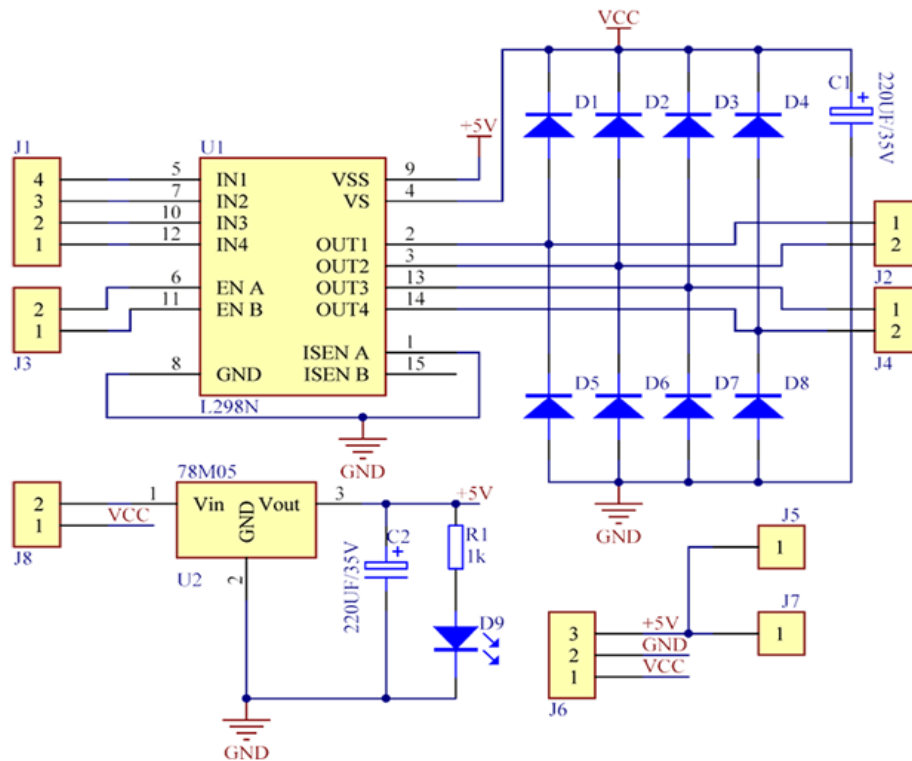


SKU: MDU-1049

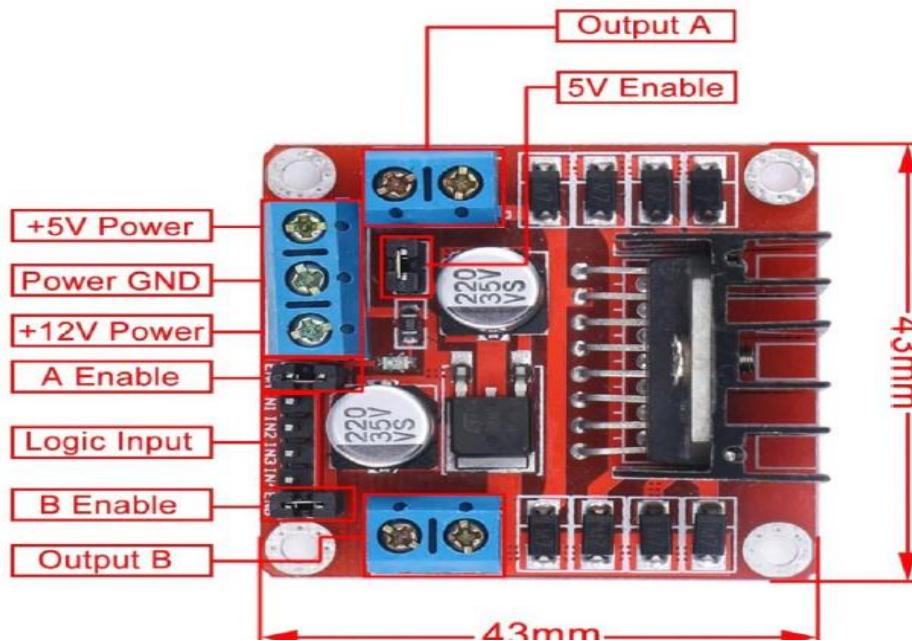
Brief Data:

- Input Voltage: 3.2V~40Vdc.
- Driver: L298N Dual H Bridge DC Motor Driver
- Power Supply: DC 5 V - 35 V
- Peak current: 2 Amp
- Operating current range: 0 ~ 36mA
- Control signal input voltage range :
- Low: $-0.3V \leq V_{in} \leq 1.5V$.
- High: $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$.
- Enable signal input voltage range :
 - Low: $-0.3 \leq V_{in} \leq 1.5V$ (control signal is invalid).
 - High: $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$ (control signal active).
- Maximum power consumption: 20W (when the temperature $T = 75 \text{ }^\circ\text{C}$).
- Storage temperature: $-25 \text{ }^\circ\text{C} \sim +130 \text{ }^\circ\text{C}$.
- On-board +5V regulated Output supply (supply to controller board i.e. Arduino).
- Size: 3.4cm x 4.3cm x 2.7cm

Schematic Diagram:



Board Dimension & Pins Function:





ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 23 - 04 - 2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JOSE LUIS ASCENCIO CALSIN

Dirección: JR. MARIANO CHANCATUMA S/N BARRIO PANCAQUIA - AZÁNGARO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 71475045

Teléfono: 946 762 720 email: Jose333ascencio@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECATRÓNICO

Asesor: Mgtr. WALTER JACINTO LIZARRAGA ARMAZA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECATRÓNICO DE CONTROL DE AHORCADOR DE COMBUSTIBLE EN BOMBAS DE INYECCIÓN DE VEHICULOS JINBEI MODELO HAISE EN LA REGIÓN PUNO 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): Mecatrónica, control, ahorcador, combustible, bombas, inyección.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
- Título
- 2da Especialidad
- Maestría
- Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN - P21

Firma de Autor



huella digital

23 - 04 - 2025

Fecha

